

**STUDI PERENCANAAN DISTRIBUSI AIR BERSIH DI
KECAMATAN LUMBANG KABUPATEN PASURUAN
MENGUNAKAN PROGRAM WATERGEMS V8I**

SKRIPSI

**TEKNIK PENGAIRAN KONSENTRASI SISTEM INFORMASI
SUMBER DAYA AIR**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



DITA CAHYA KURNIAWAN

NIM. 125060400111075

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2018

LEMBAR PENGESAHAN

STUDI PERENCANAAN DISTRIBUSI AIR BERSIH DI KECAMATAN LUMBANG KABUPATEN PASURUAN MENGUNAKAN PROGRAM *WATERGEMS V8I*

SKRIPSI

TEKNIK PENGAIRAN KONSENTRASI SISTEM INFORMASI SUMBER DAYA AIR

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



DITA CAHYA KURNIAWAN

NIM. 125060400111075

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 4 Mei 2018

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


Ir. Moh. Sholichin, MT., Ph.D.
NIP. 19670502 199802 1 001


Dr. Eng. Evi Nur Cahya, ST., MT.
NIP. 201102 771203 2 001

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Pengairan



Dr. Ir. Ussy Andawayanti, MS.
NIP. 19610131 198609 2 001

LEMBAR PENGESAHAN
STUDI PERENCANAAN DISTRIBUSI AIR BERSIH DI
KECAMATAN LUMBANG KABUPATEN PASURUAN
MENGGUNAKAN PROGRAM WATERGEMS V8I

SKRIPSI

TEKNIK PENGAIRAN KONSENTRASI SISTEM INFORMASI
SUMBER DAYA AIR

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
 memperoleh gelar Sarjana Teknik



DITA CAHYA KURNIAWAN

NIM. 125060400111075

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
 pada tanggal 4 Mei 2018

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. Moh. Sholichin, MT.,Ph.D.
NIP. 19670502 199802 1 001

Dr.Eng. Evi Nur Cahya, ST.,MT.
NIP. 201102 771203 2 001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Pengairan

Dr. Ir. Ussy Andawayanti, MS.
NIP. 19610131 198609 2 001

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran sebagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya, tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila pernyataan di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (Peraturan Menteri Pendidikan Nasional RI No. 17 Tahun 2010, Pasal 12 dan Pasal 13).

Malang, 4 Mei 2018

Mahasiswa,



Dita Cahya Kurniawan

NIM. 1250606400111075

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran sebagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya, tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

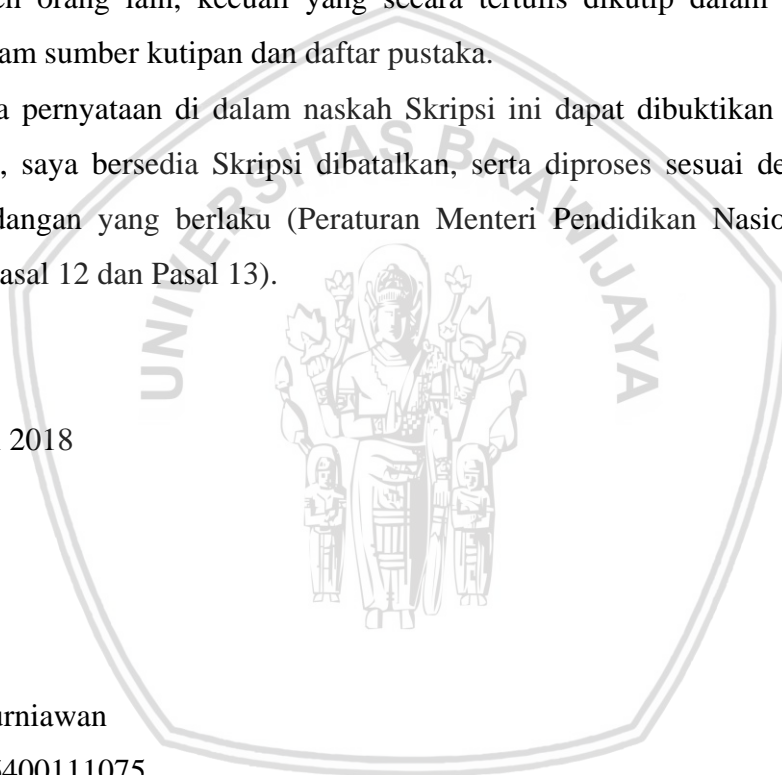
Apabila pernyataan di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (Peraturan Menteri Pendidikan Nasional RI No. 17 Tahun 2010, Pasal 12 dan Pasal 13).

Malang, 4 Mei 2018

Mahasiswa,

Dita Cahya Kurniawan

NIM. 1250606400111075





TURNITIN



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM SARJANA**



SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI

Nomor : 43 /UN10.F07.14.11/TU/2018

Sertifikat ini diberikan kepada :

DITA CAHYA KURNIAWAN

Dengan Judul Skripsi :

**STUDI PERENCANAAN DISTRIBUSI AIR BERSIH DI KECAMATAN LUMBANG KABUPATEN
PASURUAN MENGGUNAKAN PROGRAM WATERGEMS V8I**

Telah dideteksi tingkat plagiasinya dengan kriteria toleransi $\leq 20\%$, dan
dinyatakan Bebas dari Plagiasi pada tanggal 4 JUNI 2018



Ketua Jurusan Teknik Pengairan

Dr. Ir. Ussy Andawayanti, MS
NIP. 19610131 198609 2 001

Ketua Program Studi S1 Teknik Pengairan

Dr. Very Dermawan, ST.,MT
NIP. 19730217 199903 1001

RINGKASAN

Dita Cahya Kurniawan, Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, April 2018, *Studi Perencanaan Distribusi Air Bersih di Kecamatan Lumbang Kabupaten Pasuruan menggunakan Program WaterGEMS V8i*, Dosen Pembimbing : Moh. Sholichin dan Evi Nur Cahya.

Kecamatan Lumbang merupakan salah satu kecamatan di Kabupaten Pasuruan yang kekurangan air bersih. Lokasi Kecamatan Lumbang sebagian besar berada pada dataran tinggi dan jauh dari pusat kota yang membuat pelayanan dari Perusahaan Daerah Air Minum dan instalasi air yang baik belum ada di Kecamatan Lumbang. Dengan permasalahan tersebut maka dalam studi ini membahas tentang perencanaan jaringan air bersih di Kecamatan Lumbang yang memanfaatkan debit sumber air Madakaripura sebesar 85 liter/detik.

Dalam studi ini dilakukan analisa jaringan air bersih dengan bantuan program *WaterGEMS V8i* guna mengetahui kondisi hidrolis jaringan perpipaan. Kemudian melakukan analisa rencana anggaran biaya meliputi pipa beserta aksesorisnya dan tandon. Hasil dari perhitungan rencana anggaran biaya digunakan untuk analisa ekonomi.

Hasil simulasi dengan program *WaterGEMS V8i* menunjukkan sistem jaringan perpipaan berjalan dengan baik. Hal ini dapat dilihat berdasarkan kondisi tekanan pada pipa saat jam puncak 07.00 berkisar antara 2,96 - 65,14 atm, *headloss gradient* berkisar antara 0,68 - 7,08 m/km dan kecepatan aliran dalam pipa berkisar antara 0,3 - 1,12 m/detik. Hasil tersebut sudah memenuhi kriteria perencanaan jaringan pipa pada sistem distribusi air bersih. Anggaran biaya sebesar Rp 18.962.274.000,00.

Untuk hasil analisa ekonomi pada tingkat suku bunga 6,5% didapatkan nilai rasio biaya manfaat (B/C) sebesar 1,11, selisih biaya manfaat (B-C) sebesar Rp 264.147.449,80/tahun, periode pengembalian 9 tahun 2 bulan 6 hari dan harga jual air minimal sebesar Rp 2.706,33/m³.

Kata kunci : air bersih, jaringan pipa, simulasi program, *WaterGEMS V8i*, Rencana Anggaran Biaya, Analisa Ekonomi.



SUMMARY

Dita Cahya Kurniawan, *Departement of Water Resaource Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, May 2018, Study of Water Distribution Plan in Lumbang District of Pasuruan City Using WaterGEMS V8i Program, Academic Supervisor : Moh. Sholichin dan Evi Nur Cahya.*

Lumbang District is one of the sub-districts in Pasuruan that lack of clean water. Location of Lumbang District is mostly located in the highlands and far from the regency center that makes the service of the Regional Water Company and a good water installation has not existed in the District Lumbang. With this problem, in this study discussed about planning of clean water network in Lumbang District utilizing the water source of Madakaripura equal to 85 liter/second.

In this study, a clean water network analysis was conducted with WaterGEMS V8i program to know the hydraulic condition of pipeline network. Then analyzing the cost budget plan including the pipe with tools and reservoir. The results of the calculation of the budget plan are used for economic analysis.

The results of simulation from WaterGEMS V8i program show the pipeline network system running well. This can be seen based on the pressure conditions on the pipes during peak hour of 07.00 ranged from 2.96 - 65.14 atm, headloss gradient ranged from 0.68 to 7.08 m/km and flow velocity in pipes ranged from 0.3 to 1, 12 m/s. These results have met the criteria for pipeline planning on water distribution systems. The budget of the cost is Rp 18,962,274,000.00.

For the economic analysis at the interest rate of 6.5%, the value of benefit cost ratio (B / C) is 1.11, the difference of benefit cost (BC) is Rp 264,147,449,80/year, 9 years 2 months 6 day and minimum water selling price of Rp 2,706.33/m³.

Keywords: *clean water, pipeline, program simulation, WaterGEMS V8i, Budget Plan, Economic Analysis.*



Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, petunjuk dan hidayah-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Studi Perencanaan Distribusi Air Bersih di Kecamatan Lumbang Kabupaten Pasuruan Menggunakan Program *WaterGEMS V.8i*”**. Tidak lupa shalawat serta salam patut dihaturkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW yang telah menjadi suri tauladan bagi setiap umat manusia.

Penyusunan skripsi ini merupakan salah satu syarat yang harus ditempuh oleh mahasiswa Teknik Pengairan Universitas Brawijaya. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam proses penyelesaian skripsi ini, antara lain :

1. Ir. Moh. Sholichin, MT.,Ph.D. dan Dr.Eng. Evi Nur Cahya, ST.,MT. selaku Dosen Pembimbing
2. Dr.Eng. Riyanto Haribowo, ST.,MT dan Dr. Sumiadi, ST.,MT. selaku Dosen Penguji
3. Orang Tua dan Saudara yang telah memberikan bantuan baik materi maupun semangat dan doa
4. Teman-teman Teknik Pengairan Universitas Brawijaya, khususnya angkatan 2012 yang telah membantu dalam pengerjaan skripsi ini
5. Semua pihak yang sudah membantu terselesaikannya tugas akhir ini

Dalam penyusunan laporan ini penulis harapan kritik maupun saran yang membangun karena penulis sadar bahwa laporan ini masih banyak kekurangan yang perlu diperbaiki. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih dan semoga laporan ini bermanfaat.

Malang, Mei 2018

Penyusun



Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Identifikasi Masalah	3
1.3. Rumusan Masalah.....	4
1.4. Batasan Masalah	4
1.5. Tujuan.....	4
1.6. Manfaat.....	5
BAB II LANDASAN TEORI.....	7
2.1. Perkembangan Penduduk	7
2.1.1. Metode Geometrik	7
2.1.2. Metode Aritmatik.....	7
2.1.3. Metode Eksponensial.....	8
2.2. Uji Kesesuaian Metode Proyeksi.....	8
2.3. Kebutuhan Air Bersih.....	9
2.3.1. Kebutuhan Domestik	9
2.3.2. Kebutuhan Non Domestik	9
2.4. Fluktuasi Kebutuhan Air Bersih	10
2.5. Sistem Hidraulika dalam Distribusi Air Bersih.....	11
2.6. Hidraulika Aliran pada Sistem Jaringan Pipa Air Bersih	11
2.6.1. Kecepatan Aliran	11
2.6.2. Hukum Bernoulli	12
2.6.3. Hukum Kontinuitas.....	14
2.6.4. Kehilangan Tinggi Tekan (<i>Head Loss</i>)	15
2.6.4.1. Kehilangan Tinggi Tekan Mayor (<i>Major Losses</i>)	15
2.6.4.2. Kehilangan Tinggi Tekan Minor (<i>Minor Losses</i>).....	16
2.7. Komponen Sistem Jaringan Pipa.....	18
2.7.1. Pipa	18
2.7.1.1. Jenis Pipa	18
2.7.1.2. Kriteria Jaringan Pipa Air Bersih	21
2.7.2. Sarana Penunjang.....	22
2.8. Tandon	24
2.9. Mekanisme Pengaliran dalam Pipa.....	26

2.9.1. Pipa Hubungan Seri.....	26
2.9.2. Pipa Hubungan Paralel	27
2.10. Simulasi Aliran pada Sistem Jaringan Distribusi	28
2.10.1. Analisa pada Kondisi Permanen.....	28
2.10.2. Analisa pada Kondisi Tidak Permanen	28
2.11. Metode Analisis Jaringan Pipa	28
2.11.1. Metode Titik Simpul	29
2.11.2. Metode Jaringan Tertutup	30
2.12. Analisa Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih dengan Aplikasi Software	31
2.12.1. Deskripsi Program <i>WaterGEMS V8i</i>	32
2.12.2. Tahapan Penggunaan Program <i>WaterGEMS V8i</i>	32
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	37
3.1. Kondisi Daerah Studi	37
3.2. Data Pendukung Kajian.....	38
3.2.1. Data Ketersediaan Air (Data Debit)	39
3.2.2. Data Jumlah Penduduk.....	39
3.2.3. Peta Topografi dan Skema Jaringan	40
3.3. Visualisasi Kondisi Daerah Studi	40
3.4. Bangunan Pendukung Perencanaan Jaringan	45
3.5. Pengolahan Data.....	45
3.6. Simulasi Program <i>WaterGEMS V8i</i>	45
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	49
4.1. Umum.....	49
4.2. Proyeksi Pertumbuhan Penduduk.....	49
4.2.1. Proyeksi Penduduk Metode Geometrik.....	50
4.2.2. Proyeksi Penduduk Metode Aritmatik	51
4.2.3. Proyeksi Penduduk Metode Eksponensial.....	51
4.2.4. Uji Kesesuaian Metode Proyeksi.....	55
4.3. Proyeksi Kebutuhan Air Bersih.....	55
4.4. Perhitungan Fluktuasi Kebutuhan Air Bersih	60
4.5. Perencanaan Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih.....	61
4.5.1. Perencanaan Jaringan Distribusi.....	61
4.5.2. Sistem Pengolahan Data	61
4.5.3. Analisa Perencanaan Jaringan Air Bersih Menggunakan Program <i>WaterGEMS V8i</i> pada Perencanaan Jaringan Pipa Tahun 2016.....	62
4.5.3.1. Kondisi Aliran pada Pipa	62
4.5.3.2. Tandon.....	91
4.6. Rencana Anggaran Biaya	99
4.6.1. Pekerjaan Pipa	99
4.6.2. Pekerjaan Tandon	100
4.6.3. Rekapitulasi Anggaran Biaya	107
4.7. Analisa Ekonomi	108
4.7.1. Analisa Biaya (<i>Cost</i>).....	108

4.7.1.1. Biaya Modal (<i>Capital Cost</i>)	108
4.7.1.1.1. Biaya Langsung (<i>Direct Cost</i>)	108
4.7.1.1.2. Biaya Tak Langsung (<i>Indirect Cost</i>).....	109
4.7.1.2. Biaya Tahunan (<i>Annual Cost</i>)	111
4.7.2. Analisa Benefit	111
4.7.2.1. Manfaat Langsung (<i>Direct Benefit</i>).....	111
4.7.2.2. Manfaat Tak Langsung (<i>Indirect Benefit</i>)	113
4.7.2.3. Manfaat Nyata (<i>Tangible Benefit</i>)	114
4.7.2.4. Manfaat Tak Nyata (<i>Intangible Benefit</i>).....	114
4.7.3. Analisa Harga Air pada Saat $B/C > 1$	114
4.7.3.1. <i>Benefit Cost Ratio</i> (BCR)	114
4.7.3.2. <i>Net Present Value</i> (NVP)	115
4.7.3.3. <i>Payback Period</i>	115
4.7.3.4. Penetapan Harga Air	116
BAB V PENUTUP	117
5.1. Kesimpulan.....	117
5.2. Saran	119

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN





Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Kebutuhan Air Bersih Berdasarkan Kategori Kota dan Jumlah Penduduk...	9
Tabel 2.2	Kriteria Pemakaian Air	10
Tabel 2.3	Koefisien Kekasaran Pipa <i>Hazen-Williams</i> (C_{hw})	17
Tabel 2.4	Koefisien Kehilangan Tinggi Tekan berdasarkan Perubahan Bentuk Pipa (K).....	18
Tabel 2.5	Keuntungan dan Kerugian Pipa Besi Tuang (<i>Cast Iron</i>).....	19
Tabel 2.6	Keuntungan dan Kerugian Pipa Besi Galvanis (<i>Galvanized Iron</i>).....	19
Tabel 2.7	Keuntungan dan Kerugian Pipa Plastik (PVC).....	20
Tabel 2.8	Keuntungan dan Kerugian Pipa Baja (<i>Steel Pipe</i>).....	20
Tabel 2.9	Keuntungan dan Kerugian Pipa Beton (<i>Concretel Pipe</i>).....	21
Tabel 2.10	Keuntungan dan Kerugian Pipa Pipa HDPE (<i>High Density Polyethylene</i>)...	21
Tabel 2.11	Kriteria Jaringan Pipa	22
Tabel 3.1	Data Debit Madakaripura Tahun 2016 (liter/detik)	39
Tabel 3.2	Jumlah Penduduk tiap Desa di Kecamatan Lumbang, Kabupaten Pasuruan	39
Tabel 4.1	Jumlah Penduduk per Desa di Kecamatan Lumbang, Kabupaten Pasuruan .	50
Tabel 4.2	Contoh Prosentasi Laju Pertumbuhan Penduduk Desa Panditan pada Tahun 2010-2015.....	50
Tabel 4.3	Proyeksi Pertumbuhan Penduduk dengan metode Geometrik	52
Tabel 4.4	Proyeksi Pertumbuhan Penduduk dengan metode Aritmatik	53
Tabel 4.5	Proyeksi Pertumbuhan Penduduk dengan metode Eksponensial	54
Tabel 4.6	Tabel Perhitungan Standar Deviasi Desa Panditan	55
Tabel 4.7	Perhitungan Kebutuhan Air Bersih Desa Kronto	57
Tabel 4.8	Perhitungan Kebutuhan Air Bersih Desa Pancur	57
Tabel 4.9	Perhitungan Kebutuhan Air Bersih Desa Karangasem.....	57
Tabel 4.10	Perhitungan Kebutuhan Air Bersih Desa Cukurguling	58
Tabel 4.11	Perhitungan Kebutuhan Air Bersih Desa Lumbang	58
Tabel 4.12	Perhitungan Kebutuhan Air Bersih Desa Bulukandang	58
Tabel 4.13	Perhitungan Kebutuhan Air Bersih Desa Karangjati.....	58
Tabel 4.14	Perhitungan Kebutuhan Air Bersih Desa Watulumbung.....	59
Tabel 4.15	Perhitungan Kebutuhan Air Bersih Desa Panditan.....	59
Tabel 4.16	Perhitungan Kebutuhan Air Bersih Desa Banjarimbo.....	59
Tabel 4.17	Perhitungan Kebutuhan Air Bersih Desa Welulang	59
Tabel 4.18	Factor Pengali (<i>Load Factor</i>) Kebutuhan Titik Simpul	61
Tabel 4.19	Spesifikasi Tandon Desa Panditan	93
Tabel 4.20	Spesifikasi Tandon Utama.....	93
Tabel 4.21	Spesifikasi Tandon Desa Banjarimbo.....	94
Tabel 4.22	Spesifikasi Tandon Desa Welulang.....	94

Tabel 4.23 Spesifikasi Tandon Desa Watulumbung	95
Tabel 4.24 Spesifikasi Tandon Desa Karangjati	95
Tabel 4.25 Spesifikasi Tandon Desa Cukurguling	96
Tabel 4.26 Spesifikasi Tandon Desa Bulukandang	96
Tabel 4.27 Spesifikasi Tandon Desa Lumbang	97
Tabel 4.28 Spesifikasi Tandon Desa Pancur	97
Tabel 4.29 Spesifikasi Tandon Desa Kronto	98
Tabel 4.30 Spesifikasi Tandon Desa Karangasem	98
Tabel 4.31 Pengadaan Pipa dan Aksesorisnya	99
Tabel 4.32 Volume Pekerjaan Pipa	99
Tabel 4.33 Harga Satuan Pekerjaan Pemasangan Pipa	100
Tabel 4.34 Anggaran Biaya Pemasangan Pipa dan Aksesorisnya	100
Tabel 4.35 Volume Pekerjaan Tandon Panditan	101
Tabel 4.36 Harga Satuan Pekerjaan Tandon Panditan	103
Tabel 4.37 Anggaran Biaya Pembuatan Tandon Panditan	107
Tabel 4.38 Rekapitulasi Anggaran Biaya Pembuatan Jaringan Air Bersih	108
Tabel 4.39 Biaya Langsung Jaringan Air Bersih Kecamatan Lumbang	109
Tabel 4.40 Biaya Tak Langsung Jaringan Air Bersih Kecamatan Lumbang	110
Tabel 4.41 Biaya Modal Proyek	110
Tabel 4.42 Analisa Biaya Modal Tahunan	110
Tabel 4.43 Biaya Operasi	112
Tabel 4.44 Biaya Pemeliharaan	112
Tabel 4.45 Rekapitulasi Biaya Operasi dan Pemeliharaan	113
Tabel 4.46 Biaya Total Rencana dengan Pelayanan 100%	113
Tabel 4.47 Rekapitulasi Analisa Ekonomi	116

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
<i>Gambar 2.1</i>	Fluktuasi Pemakaian Air Harian.....	10
<i>Gambar 2.2</i>	Diagram Energi pada Dua Tempat	13
<i>Gambar 2.3</i>	Aliran dengan Penampang Pipa yang Berbeda.....	14
<i>Gambar 2.4</i>	Pipa Bercabang	14
<i>Gambar 2.5</i>	Pipa Hubungan Seri	26
<i>Gambar 2.6</i>	Pipa Hubungan Paralel.....	27
<i>Gambar 2.7</i>	Skema Jaringan Sederhana	29
<i>Gambar 2.8</i>	Jaringan Tertutup dengan Dua <i>Loop</i>	30
<i>Gambar 2.9</i>	Tampilan Kotak Dialog pada Program <i>WaterGEMS V8i</i>	32
<i>Gambar 2.10</i>	Tampilan Setelah memilih <i>Quick Start Lessons</i> pada Kotak Dialog.....	33
<i>Gambar 2.11</i>	Tampilan Setelah Memilih <i>Create New Project</i> pada Kotak Dialog.....	33
<i>Gambar 2.12</i>	Tampilan Setelah Memilih <i>Open Existing Project</i> pada Kotak Dialog....	33
<i>Gambar 2.13</i>	Tampilan Lembar Kerja pada <i>WaterGEMS V8i</i>	34
<i>Gambar 2.14</i>	Tampilan Pemodelan pada <i>WaterGEMS V8i</i>	36
<i>Gambar 2.15</i>	Kotak Data Teknis Tiap-Tiap <i>Node</i> pada <i>WaterGEMS V8i</i>	36
<i>Gambar 3.1</i>	Peta Lokasi Studi	37
<i>Gambar 3.2</i>	Peta Administrasi Kecamatan Lumbang Kabupaten Pasuruan.....	38
<i>Gambar 3.3</i>	<i>Visualisasi</i> daerah Studi	40
<i>Gambar 3.4</i>	Peta Topografi Kecamatan Lumbang	41
<i>Gambar 3.5</i>	Skema Rencana Jaringan Air Bersih Kecamatan Lumbang	43
<i>Gambar 3.6</i>	Diagram Alir Penyelesaian Skripsi.....	47
<i>Gambar 3.7</i>	Diagram Alir Penyelesaian Proses Simulasi Sistem Jaringan Pipa dengan Program <i>WaterGEMS V8i</i>	48
<i>Gambar 4.1</i>	Fluktuasi Pemakaian Air Harian.....	60
<i>Gambar 4.2</i>	Peta Situasi Rencana Jaringan Distribusi Air Bersih Kecamatan Lumbang	63
<i>Gambar 4.3</i>	Profil Memanjang Pipa Madakaripura - Tandon Utama dan Tandon Utama - Desa Panditan.....	65
<i>Gambar 4.4</i>	Profil Memanjang Pipa Tandon Utama - Desa Banjarimbo dan Tandon Utama - Desa Welulang	67
<i>Gambar 4.5</i>	Profil Memanjang Pipa Tandon Utama - Desa Watulumbung	69
<i>Gambar 4.6</i>	Profil Memanjang Pipa Tandon Utama - Desa Karangjati	71
<i>Gambar 4.7</i>	Profil Memanjang Pipa Tandon Utama - Desa Cukurguling.....	73
<i>Gambar 4.8</i>	Profil Memanjang Pipa Tandon Utama - Desa Bulukandang.....	75
<i>Gambar 4.9</i>	Profil Memanjang Pipa Tandon Utama - Desa Lumbang.....	77
<i>Gambar 4.10</i>	Profil Memanjang Pipa Tandon Utama - Desa Pancur Bagian (01).....	79

<i>Gambar 4.11</i>	Profil Memanjang Pipa Tandon Utama - Desa Pancur Bagian (02) dan (03).....	81
<i>Gambar 4.12</i>	Profil Memanjang Pipa Tandon Utama - Desa Kronto Bagian (01)	83
<i>Gambar 4.13</i>	Profil Memanjang Pipa Tandon Utama - Desa Kronto Bagian (02) dan (03).....	85
<i>Gambar 4.14</i>	Profil Memanjang Pipa Tandon Utama - Desa Karangasem Bagian (01).....	87
<i>Gambar 4.15</i>	Profil Memanjang Pipa Tandon Utama - Desa Karangasem Bagian (02) dan (03).....	89
<i>Gambar 4.16</i>	Denah Tandon Desa Panditan.....	91
<i>Gambar 4.17</i>	Potongan A - A Tandon Desa Panditan.....	91
<i>Gambar 4.18</i>	Potongan B - B Tandon Desa Panditan	92
<i>Gambar 4.19</i>	Denah Pondasi Tandon Desa Panditan	92
<i>Gambar 4.20</i>	Detail Pondasi/Potongan C - C	92
<i>Gambar 4.21</i>	Muka Air Tandon Desa Panditan dalam Waktu 24 Jam	93
<i>Gambar 4.22</i>	Muka Air Tandon Utama dalam Waktu 24 Jam.....	93
<i>Gambar 4.23</i>	Muka Air Tandon Desa Banjarimbo dalam Waktu 24 Jam.....	94
<i>Gambar 4.24</i>	Muka Air Tandon Desa Welulang dalam Waktu 24 Ja	94
<i>Gambar 4.25</i>	Muka Air Tandon Desa Watulumbung dalam Waktu 24 Jam.....	95
<i>Gambar 4.26</i>	Muka Air Tandon Desa Karangjati dalam Waktu 24 Jam.....	95
<i>Gambar 4.27</i>	Muka Air Tandon Desa Cukurguling dalam Waktu 24 Jam	96
<i>Gambar 4.28</i>	Muka Air Tandon Desa Bulukandang dalam Waktu 24 Jam	96
<i>Gambar 4.29</i>	Muka Air Tandon Desa Lumbang dalam Waktu 24 Jam	97
<i>Gambar 4.30</i>	Muka Air Tandon Desa Pancur dalam Waktu 24 Jam	97
<i>Gambar 4.31</i>	Muka Air Tandon Desa Kronto dalam Waktu 24 Jam	98
<i>Gambar 4.32</i>	Muka Air Tandon Desa Karangasem dalam Waktu 24 Jam	98

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Air merupakan kebutuhan paling mendasar bagi makhluk hidup, khususnya air bersih untuk mencukupi kebutuhan air minum. Air sangatlah penting bagi kehidupan terutama pada manusia. Kemungkinan manusia masih dapat bertahan tanpa makan beberapa hari, namun tidak jika tanpa minum, tanpa minum manusia tidak dapat bertahan. Hal ini dikarenakan kandungan air dalam tubuh manusia sangat mendominasi. Maka dari itu air dapat dikatakan sebagai sumber kehidupan.

Untuk dapat dikonsumsi manusia, maka air yang dibutuhkan adalah air bersih. Air bersih adalah air yang memiliki mutu baik, sehingga layak untuk dikonsumsi oleh manusia. Menurut Departemen Kesehatan, air yang akan dikonsumsi sebagai air minum harus memenuhi syarat-syarat tertentu, diantaranya tidak berasa, tidak berbau, tidak berwarna dan tidak mengandung logam berat. Pada umumnya air dari sumber alam dapat dikonsumsi sebagai air minum oleh manusia, tetapi tidak menutup kemungkinan air tersebut telah tercemar oleh bakteri atau zat-zat berbahaya. Salah satu cara untuk membunuh bakteri tersebut adalah dengan merebusnya hingga mencapai suhu 100 °C, namun apabila air mengandung logam maka logam tersebut tidak bisa dihilangkan dengan cara merebusnya. Dari hal tersebut kita tahu bahwa air harus memiliki kriteria/syarat tertentu agar bisa dikonsumsi manusia.

Air bersih pada umumnya dapat diambil dari sungai, dari curah hujan, air permukaan tanah ataupun air bawah tanah. Air dari sungai sebenarnya cukup melimpah, bahkan bisa dikatakan menjamin untuk persediaan akan kebutuhan manusia. Namun ketersediaan tersebut seringkali berada di tempat-tempat yang kurang tepat, misal letaknya yang jauh dari pemukiman, lokasi yang jauh tersebut berdampak pada pembangunan sarana yang tidak layak jika ditinjau dari segi ekonomi. Kemudian air hujan, dalam pemanfaatannya sebagai air bersih biasanya secara individu/kelompok/pemerintah membangun bendungan dan tandon air sebagai sarana penyimpanan air yang dapat digunakan pada saat musim kering, bendungan dan tandon tersebut juga berguna untuk menekan terjadinya banjir. Selanjutnya terdapat air permukaan tanah ataupun air bawah tanah. Air permukaan tanah adalah air yang

terkumpul di atas tanah, misalnya danau. Sedangkan air bawah tanah adalah air yang terdapat di dalam lapisan tanah atau bebatuan di bawah lapisan tanah.

Distribusi air bersih sangatlah dibutuhkan oleh masyarakat demi kelangsungan hidupnya. Dalam pendistribusian air bersih kepada masyarakat ini diperlukan suatu sistem yaitu suatu jaringan pipa. Agar pendistribusian air bersih tersebut dapat berjalan lancar maka perlu adanya perbedaan tekanan di kedua tempat. Perbedaan tekanan tersebut diakibatkan oleh perbedaan elevasi muka air atau penggunaan pompa. Penggunaan pompa ini ditujukan untuk mengalirkan air dari tempat yang rendah ke tempat yang lebih tinggi.

Berdasarkan Undang-Undang No. 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air, Negara menjamin hak setiap orang untuk mendapatkan air untuk kebutuhan pokok minimal sehari-hari dan dalam UU tersebut juga ditegaskan sumber daya air yang mempunyai fungsi sosial, lingkungan hidup dan ekonomi yang dikuasai oleh negara agar dipergunakan sebesar-besarnya bagi kemakmuran rakyat.

Meningkatnya pertumbuhan penduduk dan pembangunan berbanding lurus dengan kebutuhan air. Artinya dengan jumlah penduduk yang semakin banyak maka bertambah pula tuntutan akan ketersediaan air tersebut. Untuk memenuhi UU di atas maka sudah selayaknya pemerintah berupaya untuk memenuhi peningkatan kebutuhan air guna memenuhi kebutuhan air penduduk sehari-hari.

Kecamatan Lumbang terletak di Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur. Kecamatan Lumbang merupakan salah satu kecamatan yang terancam kekeringan dan kekurangan air bersih. Hal ini disebabkan jauhnya sumber air dari penduduk di Kecamatan Lumbang. Dari permasalahan tersebut maka perlu adanya penanganan segera dengan membuat sarana penunjang distribusi air bersih yang baik agar kebutuhan air bersih di Kecamatan Lumbang terpenuhi secara kuantitas, kualitas dan kontinuitas.

Dalam “**Studi Perencanaan Distribusi Air Bersih Di Kecamatan Lumbang Kabupaten Pasuruan Menggunakan Program *WaterGEMS V8i***”, kajiannya secara teknis merupakan suatu sistem jaringan air bersih yang melayani Kecamatan Lumbang Kabupaten Pasuruan. Studi ini menggunakan Program *WaterGEMS V8i* dikarenakan program ini merupakan program lanjutan dari program *WaterCAD*, yaitu program yang sangat bagus dan mumpuni untuk merencanakan suatu jaringan perpipaan, dan hal ini membuat saya tertarik untuk mempelajarinya.

1.2. Identifikasi Masalah

Ketersediaan infrastruktur di bidang air bersih dapat meningkatkan kesehatan dan kesejahteraan masyarakat. Dari kondisi yang ada saat ini pembangunan di sektor penyedia air bersih di Kecamatan Lumbang belum dijangkau oleh pemerintah, hal ini disebabkan keterbatasan dana Pemerintah Daerah. Dengan belum adanya pembangunan di sektor penyedia air bersih maka saya ingin merencanakan suatu sistem jaringan air bersih di Kecamatan Lumbang guna memenuhi kebutuhan air bersih penduduk Kecamatan Lumbang sesuai kondisi lapangan.

Disamping itu, pembangunan sektor penyedia air bersih menyangkut hajat hidup masyarakat umum, harus memiliki peran untuk mendorong pembangunan yang merata. Guna mencapai peran tersebut, maka perencanaan pembangunan harus dapat menampung aspirasi masyarakat setempat dan sejalan dengan program pemerintah.

Pada saat ini kebutuhan air bersih di Kecamatan Lumbang mengandalkan sumber air di sekitar desa-desa dengan jaringan yang dibangun secara swadaya oleh warga. Sumber air ini pada dasarnya memiliki debit kecil dan tidak mampu mencukupi kebutuhan penduduk, hal ini dapat dilihat dari kecilnya aliran air yang ada di hidran umum tiap desa di Kecamatan Lumbang dan banyaknya antrian jerigen air di setiap hidran umum yang ada, sedangkan saat musim kering penduduk di Kecamatan Lumbang harus membeli air melalui mobil tangki air guna memenuhi kebutuhan air bersih mereka.

Sistem jaringan air baku yang sudah ada di Kecamatan Lumbang tidak terhubung antara desa satu dengan desa lain, menggunakan sumber air seadanya di sekitar desa, menggunakan pipa pvc diameter kecil dan hidrant umum dengan kapasitas kecil kurang lebih 2 m³. Karena dalam studi ini menggunakan satu sumber besar untuk satu kecamatan dan menggunakan satu sistem jaringan maka pembahasan dalam studi ini merupakan perencanaan jaringan pipa baru, mulai dari lokasi sumber air sampai daerah pelayanan. Perencanaan sistem jaringan pipa pada studi ini memanfaatkan sumber air Madakaripura.

Analisa hidraulika yang dilakukan pada sistem jaringan pipa adalah pengaruh tinggi tekan hidraulik dan diameter pipa yang harus cukup untuk mengalirkan debit sesuai yang dibutuhkan. Karena elevasi sumber air pada perencanaan ini lebih tinggi dari daerah layanan maka dalam perencanaan jaringan air baku ini cukup menggunakan gravitasi untuk mengalirkan air dari sumber menuju daerah layanan.

1.3. Rumusan Masalah

Dengan mengacu pada uraian di atas maka permasalahan dalam studi ini dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana kondisi eksisting sektor penyediaan air bersih di Kecamatan Lumbang?
2. Berapakah debit kebutuhan air bersih di Kecamatan Lumbang hingga tahun 2035?
3. Bagaimana perencanaan sistem jaringan air bersih di Kecamatan Lumbang hingga tahun 2035 dengan menerapkan model simulasi program *WaterGEMS V8i*?
4. Bagaimana kondisi hidrolis sistem jaringan air bersih untuk memenuhi kebutuhan air bersih di Kecamatan Lumbang?
5. Berapa besar Rencana Anggaran Biaya (RAB)?
6. Bagaimana analisa ekonomi untuk jaringan air bersih Kecamatan Lumbang?

1.4. Batasan Masalah

Agar kajian perencanaan sistem jaringan air bersih di Kecamatan Lumbang ini lebih terarah maka dibuat batasan masalah sebagai berikut :

1. Perhitungan kebutuhan air didasarkan pada kebutuhan air di wilayah studi, Kecamatan Lumbang (kecuali Desa Wonorejo)
2. Perencanaan pembangunan menggunakan kapasitas debit air Madakaripura
3. Merencanakan sistem jaringan pipa sesuai kondisi daerah studi
4. Pendekatan simulasi menggunakan analisa kondisi hidrolika tidak permanen
5. Program yang digunakan untuk simulasi jaringan pipa adalah program *WaterGEMS V.8i*
6. Tidak merencanakan jalur alternatif

1.5. Tujuan

Adapun tujuan dari studi ini adalah :

1. Mengetahui kondisi sistem jaringan air bersih di Kecamatan Lumbang yang sudah ada
2. Mengetahui debit kebutuhan air bersih di Kecamatan Lumbang hingga tahun 2035
3. Memperoleh sistem jaringan air bersih untuk Kecamatan Lumbang
4. Mengetahui kondisi hidrolis pada sistem jaringan air bersih di Kecamatan Lumbang
5. Mengetahui besarnya Rencana Anggaran Biaya untuk pembangunan sistem jaringan air bersih di Kecamatan Lumbang
6. Mengetahui hasil analisa ekonomi dari pembangunan sistem jaringan air bersih di Kecamatan Lumbang

1.6. Manfaat

Manfaat dari studi ini yaitu untuk menambah wawasan keilmuan dalam bidang perencanaan sistem jaringan air bersih yang baik, dari segi pengadaan pipa dan tandon, kondisi hidrolis jaringan, rencana anggaran biaya dan apakah layak secara ekonomi. Selain itu menambah wawasan tentang software/program yang digunakan dalam studi ini dan juga sebagai masukan bagi Kecamatan Lumbang Kabupaten Pasuruan dalam upaya memenuhi kebutuhan air bersih secara baik dan benar.





Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB II LANDASAN TEORI

2.1. Perkembangan Penduduk

Untuk memenuhi kebutuhan air masyarakat hingga masa mendatang maka diperlukan suatu proyeksi penduduk suatu wilayah dalam kurun waktu perencanaan. Proyeksi penduduk dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor berikut :

1. Jumlah populasi dalam suatu wilayah
2. Kecepatan pertumbuhan penduduk
3. Kurun waktu proyeksi

Hasil analisa ini selanjutnya digunakan sebagai dasar perhitungan perencanaan pengembangan penyediaan air bersih. Metode yang digunakan untuk memroyeksikan jumlah penduduk di masa mendatang yaitu :

1. Metode Geometrik
2. Metode Aritmatik
3. Metode Eksponensial

2.1.1. Metode Geometrik

Dengan metode geometrik, maka perkembangan penduduk suatu daerah dapat dihitung dengan formula sebagai berikut (Muliakusumah, 2000,p.115) :

$$P_n = P_0 (1+r)^n \dots\dots\dots (2-1)$$

dengan :

- P_n = jumlah penduduk dalam tahun ke-n (jiwa)
- P_0 = jumlah penduduk pada tahun yang ditinjau (jiwa)
- r = angka pertambahan penduduk tiap tahun (%)
- n = jumlah tahun proyeksi (tahun)

2.1.2. Metode Aritmatik

Ini Jumlah perkembangan penduduk dengan menggunakan metode ini dirumuskan sebagai berikut (Muliakusumah, 2000,p.115) :

$$P_n = P_0 (1+rn) \dots\dots\dots (2-2)$$

dengan :

- P_n = jumlah penduduk pada akhir tahun ke-n (jiwa)

- P_0 = jumlah penduduk pada tahun yang ditinjau (jiwa)
 r = angka pertambahan penduduk per tahun (%)
 n = jumlah tahun proyeksi (tahun)

2.1.3. Metode Eksponensial

Perkiraan jumlah penduduk berdasarkan metode eksponensial dapat didekati dengan persamaan berikut (Muliakusumah, 2000,p.115) :

$$P_n = P_0 \cdot e^{r \cdot n} \dots\dots\dots (2-3)$$

dengan :

- P_n = jumlah penduduk pada akhir tahun ke-n (jiwa)
 P_0 = jumlah penduduk pada tahun yang ditinjau (jiwa)
 r = angka pertambahan penduduk (%)
 n = periode tahun yang ditinjau (tahun)
 e = bilangan logaritma natural (2,7182818)

2.2. Uji Kesesuaian Metode Proyeksi

Uji kesesuaian metode proyeksi dilakukan dengan cara menentukan metode proyeksi penduduk yang dipakai sebagai dasar perencanaan yaitu memilih satu metode yang paling mewakili pola pertumbuhan penduduk di perencanaan. Dalam hal ini diperlukan perhitungan standar deviasi.

Standar deviasi merupakan nilai atau standar yang menunjukkan besar jarak sebaran terhadap nilai rata-rata. Jadi semakin besar nilai standar deviasi, maka data menjadi kurang akurat. Rumusan dari perhitungan standar deviasi sebagai berikut (Soewarno, 1995,p.75) :

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}} \dots\dots\dots (2-4)$$

dengan :

- S = standar deviasi
 X_i = nilai varian (penduduk proyeksi)
 N = jumlah data
 \bar{X} = nilai rata-rata

2.3. Kebutuhan Air Bersih

Kebutuhan air adalah jumlah air yang dipergunakan secara wajar untuk keperluan pokok manusia (domestik) dan kegiatan-kegiatan lainnya yang memerlukan air. Pada umumnya banyak diperlukan oleh masyarakat untuk memenuhi kebutuhan sehari-hari.

Pemakaian air oleh masyarakat tidak terbatas pada keperluan domestik, namun untuk keperluan industri dan keperluan perkotaan. Besarnya pemakai air oleh masyarakat dipengaruhi oleh banyak faktor, seperti tingkat hidup, pendidikan, tingkat ekonomi dan kondisi sosial. Dengan demikian, dalam perencanaan suatu sistem penyediaan air, kemungkinan penggunaan air dan variasinya haruslah diperhitungkan secermat mungkin (Linsley, 1996,p.91).

Macam kebutuhan air bersih umumnya dibagi atas dua kelompok yaitu :

1. Kebutuhan domestik
2. Kebutuhan non domestik

2.3.1. Kebutuhan Domestik

Kebutuhan domestik merupakan kebutuhan air yang digunakan untuk keperluan rumah tangga dan sambungan kran umum. Besar kebutuhan domestik yang diperlukan dihitung dari rerata kebutuhan air per satuan orang per hari. Kebutuhan air per orang per hari disesuaikan dengan dimana orang itu tinggal. Setiap kategori kota tertentu mempunyai kebutuhan akan air yang berbeda.

Tabel 2.1

Kebutuhan Air Bersih Berdasarkan Kategori Kota dan Jumlah Penduduk

Kategori Kota	Keterangan	Jumlah Penduduk	Kebutuhan Air (liter/orang/hari)
I	Kota Metropolitan	> 1.000.000	> 150
II	Kota Besar	500.000 - 1.000.000	120 - 150
III	Kota Sedang	100.000 - 500.000	100 - 120
IV	Kota Kecil	20.000 - 100.000	80 - 100
V	Desa	< 20.000	60 - 80

Sumber : Peraturan Menteri PU Penyelenggara Pengembangan SPAM, 2007

2.3.2. Kebutuhan Non Domestik

Kebutuhan non domestik merupakan kebutuhan air selain untuk keperluan rumah tangga dan sambungan kran umum, seperti penyediaan air untuk sarana sosial, tempat ibadah, sekolah, rumah sakit, asrama dan juga untuk keperluan komersial seperti industri, hotel, perdagangan serta untuk pelayanan jasa umum. Adapun besarnya kebutuhan non domestik

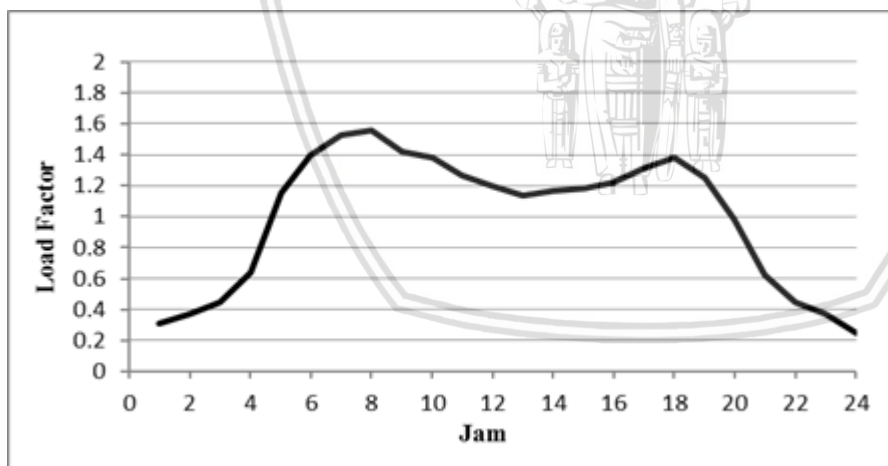
berdasarkan permen PU Tentang Penyelenggaraan Pengembangan SPAM adalah sebesar 15% dari kebutuhan domestik.

2.4. Fluktuasi Kebutuhan Air Bersih

Pada umumnya masyarakat di Indonesia melakukan aktifitas penggunaan air pada pagi dan sore, dengan tingkat pemakaian air lebih banyak dibandingkan siang dan malam hari. Dari keseluruhan aktifitas dan konsumsi selama sehari (24 jam) dapat diketahui konsumsi rata-rata dan koefisien jam puncak untuk hari yang dimaksud.

Besarnya pemakaian air oleh masyarakat pada suatu sistem jaringan distribusi air bersih tidaklah secara konstan, namun terjadi fluktuasi antara waktu yang satu dengan waktu yang lain. Dengan memasukkan faktor kehilangan air ke dalam kebutuhan dasar, maka selanjutnya disebut sebagai fluktuasi kebutuhan air.

Corak variasi kebutuhan air bersih harian yang terjadi pada titik simpul dihitung dengan menggunakan metode pendekatan penelitian corak fluktuasi kebutuhan air bersih harian yang dilakukan oleh Dirjen Cipta Karya Departemen PU, karena metode pendekatan berdasarkan penelitian, variasi kebutuhan air bersih tersebut diasumsikan dapat mewakili perubahan kebutuhan air bersih sepanjang waktu di Indonesia.



Gambar 2.1 Fluktuasi Pemakaian Air Harian

Sumber : Ditjen Cipta Karya Departemen PU (1994,p.24)

Tabel 2.2

Kriteria Pemakaian Air Bersih

Jam	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
LF	0,31	0,37	0,45	0,64	1,15	1,4	1,53	1,56	1,42	1,38	1,27	1,2
Jam	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
LF	1,14	1,17	1,18	1,22	1,31	1,38	1,25	0,98	0,62	0,45	0,37	0,25

Sumber : Grafik Fluktuasi Pemakaian Air Bersih oleh Ditjen Cipta Karya Departemen PU

2.5. Sistem Hidraulika dalam Distribusi Air Bersih

Pendistribusian air bersih kepada konsumen dengan kuantitas, kualitas, dan tekanan yang cukup memerlukan *reservoir* dan sistem perpipaan yang baik. Metode pendistribusian air tergantung pada kondisi topografi dari sumber air dan posisi daerah layanan. Sistem pengaliran yang dipakai adalah sebagai berikut :

➤ Cara Gravitasi

Cara pengaliran gravitasi digunakan apabila elevasi sumber air mempunyai perbedaan cukup besar dengan elevasi daerah pelayanan. Sistem gravitasi memberikan energi potensial yang cukup tinggi hingga pada daerah pelayanan terjauh. Cara ini dianggap cukup ekonomis karena hanya memanfaatkan beda ketinggian lokasi.

➤ Cara Pemompaan

Sistem ini digunakan untuk meningkatkan tekanan yang diperlukan untuk mendistribusikan air dari reservoir distribusi ke konsumen. Pemompaan digunakan jika elevasi antara sumber air atau instalasi pengolahan dan daerah pelayanan tidak dapat memberikan tekanan yang cukup.

➤ Cara Gabungan

Sistem pengaliran air dari sumber ke tempat reservoir dengan cara menggabungkan dua sistem pengaliran yaitu sistem gravitasi dan sistem pompa.

2.6. Hidraulika Aliran pada Sistem Jaringan Pipa Air Bersih

Air di dalam pipa selalu mengalir dari tempat yang memiliki tinggi energi lebih besar menuju tempat yang memiliki tinggi energi lebih kecil. Aliran tersebut memiliki tiga macam energi yang bekerja di dalamnya (Priyantoro, 1991,p.5), yaitu :

1. Energi kinetik, yaitu energi yang ada pada partikel massa air sehubungan dengan kecepatannya.
2. Energi tekanan, yaitu energi yang ada pada partikel massa air sehubungan dengan tekanannya.
3. Energi ketinggian, yaitu energi yang ada pada partikel massa air sehubungan dengan ketinggiannya terhadap garis refresi (*datum line*).

2.6.1. Kecepatan Aliran

Kecepatan aliran dalam pipa berbeda-beda tergantung jenis pipa yang digunakan, dimana hal ini juga akan disesuaikan dengan kondisi setempat mengenai kemiringan lahan maupun adanya penambahan tekanan dari adanya pemompaan. Kecepatan tidak boleh terlalu kecil

sebab dapat menyebabkan endapan dalam pipa tidak terdorong, selain itu juga diameter pipa jadi berkurang karena adanya endapan kondisi ini, dan akan membebani biaya perawatan. Sebaliknya, jika kecepatan aliran terlalu tinggi, maka akan berakibat korosi pada pipa dan juga menambah nilai *head loss* yang berakibat elevasi reservoirnya harus tinggi. Untuk menghitung kecepatan digunakan rumus sebagai berikut :

$$Q = A.V \dots\dots\dots (2-5)$$

$$Q = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot V \dots\dots\dots (2-6)$$

dengan :

Q = debit yang mengalir (m³/detik)

A = luas penampang (m²)

V = kecepatan (m/detik)

2.6.2. Hukum Bernoulli

Air di dalam pipa selalu mengalir dari tempat yang memiliki tinggi energi lebih besar menuju tempat yang memiliki tinggi energi lebih kecil, prinsip Bernoulli adalah tinggi energi total pada sebuah penampang pipa adalah jumlah energi kecepatan, energi tekanan dan energi ketinggian yang dapat ditulis sebagai berikut :

$E_{Tot} = \text{Energi ketinggian} + \text{Energi kecepatan} + \text{Energi tekanan}$

$$E_{Tot} = h + \frac{V^2}{2g} + \frac{p}{\gamma_w} \dots\dots\dots (2-7)$$

dengan :

p = tekan (kg/m²)

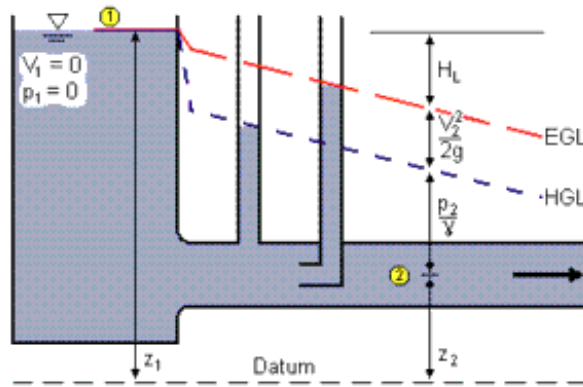
γ_w = berat jenis air (kg/m³)

V = kecepatan aliran (m/detik)

g = percepatan gravitasi (m/detik²)

h = tinggi (m)

Menurut teori Kekekalan Energi dari Hukum Bernoulli apabila tidak ada energi yang lolos atau diterima antara dua titik dalam satu sistem tertutup, maka energi totalnya tetap konstan. Hal tersebut dijelaskan pada *Gambar 2.2* berikut :



Gambar 2.2 Diagram Energi pada Dua Tempat
Sumber : Bentley (2007)

Adapun persamaan Bernoulli dalam gambar di atas dapat ditulis sebagai berikut (Bentley, 2007) :

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma_w} + \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\gamma_w} + \frac{V_2^2}{2g} + H_f \quad (2-8)$$

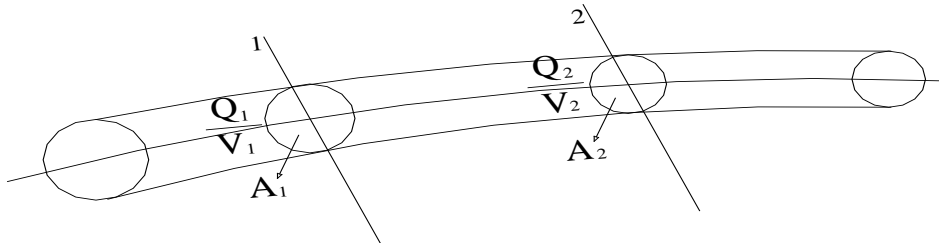
dengan :

- $\frac{p_1}{\gamma_w}, \frac{p_2}{\gamma_w}$ = tinggi tekan di titik 1 dan 2 (m)
- $\frac{V_1^2}{2g}, \frac{V_2^2}{2g}$ = tinggi energi di titik 1 dan 2 (m)
- p_1, p_2 = tekanan di titik 1 dan 2 (kg/m²)
- γ_w = berat jenis air ((kg/m³)
- V_1, V_2 = kecepatan aliran di titik 1 dan 2 (m/det)
- g = percepatan gravitasi (m/det²)
- z_1, z_2 = tinggi elevasi di titik 1 dan 2 dari garis yang ditinjau (m)
- H_f = kehilangan tinggi tekan dalam pipa (m)

Pada Gambar 2.2 tampak garis yang menunjukkan besarnya tekanan air pada penampang tinjauan. Garis tekanan ini pada umumnya disebut garis gradien hidrolis atau garis kemiringan hidrolis. Jarak vertikal antara pipa dengan garis gradien hidrolis menunjukkan tekanan yang terjadi dalam pipa. Pada gambar juga tampak adanya perbedaan ketinggian antara titik 1 dan 2 yang mana merupakan kehilangan energi (*head loss*) yang terjadi sepanjang antara penampang 1 dan 2.

2.6.3. Hukum Kontinuitas

Air yang mengalir dalam suatu pipa secara terus menerus yang mempunyai luas penampang $A \text{ m}^2$ dan kecepatan $v \text{ m/det}$ akan memiliki debit yang sama pada setiap penampangnya. Dalam persamaan Hukum Kontinuitas dinyatakan bahwa debit yang masuk ke dalam pipa sama dengan debit yang keluar, seperti yang ditunjukkan pada *Gambar 2.3*.



Gambar 2.3 Aliran dengan Penampang Pipa yang Berbeda

Sumber : Triadmojo (1996,p.137)

Hubungan antara Hukum Kontinuitas dengan *Gambar 2.3* dapat ditunjukkan dengan persamaan berikut :

$$Q_{\text{masuk}} = Q_{\text{keluar}}$$

$$A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2 \quad \dots\dots\dots (2-9)$$

dengan :

Q = debit yang mengalir (m^3/det)

A = luas penampang (m^2)

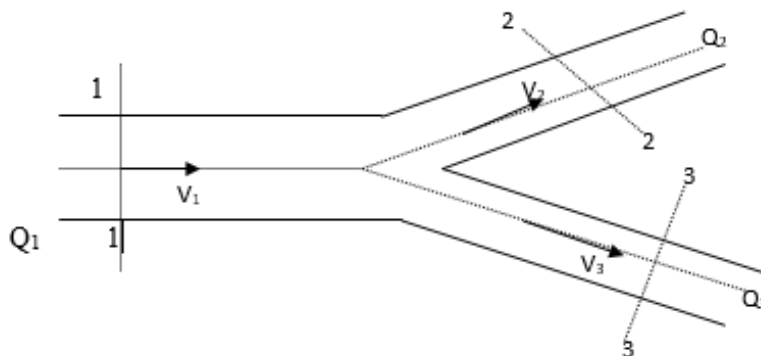
V = kecepatan (m/det)

Hal ini berlaku pada pipa bercabang. Hukum *Kontinuitas* pada pipa bercabang, dimana debit yang masuk ke dalam pipa akan sama dengan penjumlahan dari debit-debit yang keluar dari percabangan pipa.

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 \quad \dots\dots\dots (2-10)$$

$$A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2 + A_3 \cdot V_3 \quad \dots\dots\dots (2-11)$$

Hukum *Kontinuitas* pada pipa bercabang seperti diperlihatkan pada *Gambar 2.4*.



Gambar 2.4 Pipa Bercabang

Sumber : Linsley (1996,p.276)

Pada jaringan distribusi air bersih, pipa merupakan komponen yang utama. Pipa berfungsi sebagai sarana mengalirkan zat cair dari suatu titik simpul ke titik simpul yang lain. Aliran dalam pipa timbul apabila terjadi perbedaan tekanan pada dua tempat, hal ini dapat terjadi karena adanya perbedaan elevasi muka air atau karena penggunaan pompa.

2.6.4. Kehilangan Tinggi Tekan (*Head Loss*)

Pada perancangan jaringan pipa, tidak mungkin dihindari adanya kehilangan tinggi tekan selama air mengalir melalui pipa tersebut. Kehilangan tinggi tekan dalam pipa dapat dibedakan menjadi kehilangan tinggi tekan mayor (*major losses*) dan kehilangan tinggi tekan minor (*minor losses*).

2.6.4.1. Kehilangan Tinggi Tekan Mayor (*Major Losses*)

Tegangan geser yang terjadi pada dinding pipa merupakan penyebab utama menurunnya garis energi pada suatu aliran (*major losses*) selain bergantung juga pada jenis pipa. Ada beberapa teori dan formula untuk menghitung besarnya kehilangan tinggi tekan mayor ini yaitu dari *Hazen-Williams*, *Darcy-Weisbach*, *Manning*, *Chezy*, *Colebrook-White* dan *Swamme-Jain*. Adapun besarnya kehilangan tinggi tekan mayor dalam kajian ini dihitung dengan persamaan Hazen-Williams (Anonim, 2000) :

$$Q = 0,354 \cdot C_{kw} \cdot A \cdot R^{0,63} \cdot S^{0,54} \dots\dots\dots (2-12)$$

$$V = 0,354 \cdot C_{kw} \cdot R^{0,63} \cdot S^{0,54} \dots\dots\dots (2-13)$$

dengan :

- V = kecepatan aliran pada pipa (m/det)
- C_{hw} = koefisien kekasaran pipa *Hazen-Williams*
- A = luas penampang aliran (m²)
- Q = debit aliran pada pipa (m³/det)
- S = kemiringan hidraulis
= hf / L
- R = jari-jari hidrolis (m)
= $\frac{A}{P} = \frac{1/4 \pi D^2}{\pi D}$
= $D/4$

Untuk $Q = V/A$, didapat persamaan kehilangan tinggi tekan mayor menurut Hazen-Williams sebesar (Webber, 1971,p.121) :

$$hf = k \cdot Q^{1,83} \dots\dots\dots (2-14)$$

$$k = \frac{10,7L}{C_{hw}^{1,85} \cdot D^{4,87}} \dots\dots\dots (2-15)$$

dengan :

hf = kehilangan tinggi tekan mayor (m)

D = diameter pipa (m)

K = koefisien karakteristik pipa

L = panjang pipa (m)

Q = debit aliran pada pipa (m³/det)

C_{hw} = koefisien kekasaran Hazen-Williams

Adapun penggunaan metode *Hazen-Williams* ini disebabkan karena metode ini paling sering digunakan oleh para teknisi dalam analisis sistem pipa bertekanan (*Bentley*, 2007,p.934). Selain itu penentuan nilai koefisien kekasaran pada masing-masing jenis bahan pipa juga lebih mudah karena tidak dalam bentuk grafik seperti pada metode yang lain sehingga kesalahan dalam penentuan nilai kekasaran dapat lebih diminimalisir. Koefisien Kekasaran Pipa *Hazen-Williams* (C_{hw}) dapat dilihat pada Tabel 2.3.

2.6.4.2. Kehilangan Tinggi Tekan Minor (*Minor Losses*)

Kehilangan energi minor diakibatkan oleh adanya belokan pada pipa sehingga menimbulkan turbulensi. Selain itu juga dikarenakan adanya penyempitan maupun pembesaran penampang secara mendadak.

Pada pipa-pipa yang panjang, kehilangan tinggi tekan minor ini sering diakibatkan tanpa kesalahan yang berarti ($L/D \gg 1000$), tetapi dapat menjadi cukup penting pada pipa yang pendek (*Priantoro*, 1991,p.37). Kehilangan tinggi tekan minor pada umumnya akan lebih besar bila terjadi perlambatan kecepatan aliran di dalam pipa dibandingkan peningkatan kecepatan akibat adanya pusaran arus yang ditimbulkan oleh pemisahan aliran dari bidang batas pipa (*Linsley*, 1989,p.273). Adapun kehilangan tinggi tekan minor dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$h_{Lm} = k \cdot \frac{V^2}{g} \dots\dots\dots (2-16)$$

dengan :

h_{Lm} = kehilangan tinggi tekan minor (m)

V = kecepatan rata-rata dalam pipa (m/det)

g = percepatan gravitasi (m/det^2)

K = koefisien kehilangan tinggi tekan minor

Tabel 2.3

Koefisien Kekasaran Pipa *Hazen-Williams* (C_{hw})

No	Bahan Pipa	Nilai Koefisien <i>Hazen-Williams</i> (C_{hw})
1	<i>Asbestos Cemen</i>	140
2	<i>Brass</i>	130 – 140
3	<i>Brick sewer</i>	100
4	<i>Cast iron :</i> - <i>New unlined</i> - <i>10 years old</i> - <i>20 years old</i> - <i>30 years old</i> - <i>40 years old</i>	130 107 – 113 98 – 100 75 – 90 64 – 83
5	<i>Concrete or Concrete lined</i> - <i>Steel forms</i> - <i>Wooden forms</i> - <i>Sentrifugally spun</i>	140 120 135
6	<i>Copper</i>	130 – 140
7	<i>Galvanized iron</i>	120
8	<i>Glass</i>	140
9	<i>Lead</i>	130 – 140
10	<i>Plastic</i>	140 – 150
11	<i>PVC</i>	130 – 150
12	<i>Steel</i> - <i>Coal-tarenamel lined</i> - <i>New unlined</i> - <i>Riveted</i>	145 – 150 140 – 150 110
13	<i>Tin</i>	130
14	<i>Vitrified clay (Good condition)</i>	110 – 140
15	<i>Wood stave (Average condition)</i>	120

Sumber : Bentley, 2007

Besarnya nilai koefisien K sangat beragam, tergantung dari bentuk fisik pengecilan, pembesaran, belokan dan katup. Nilai K ini masih merupakan pendekatan karena dipengaruhi bahan, kehalusan sambungan dan unsur sambungan. Adapun nilai K dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4

Koefisien Kehilangan Tinggi Tekan berdasarkan Perubahan Bentuk Pipa (K)

Jenis Perubahan Bentuk Pipa	K	Jenis Perubahan Bentuk Pipa	K
Inlet		Belokan 90°	
<i>Bell mouth</i>	0,03 – 0,05	R/D = 4	0,16-0,18
<i>Rounded</i>	0,12-0,25	R/D = 2	0,19-0,25
<i>Sharp Edged</i>	0,50	R/D = 1	0,35-0,40
<i>Projecting</i>	0,80		
Pengecilan Tiba-tiba		Belokan Tertentu	
D2/D1 = 0,80	0,18	$\theta = 15^\circ$	0,05
D2/D1 = 0,50	0,37	$\theta = 30^\circ$	0,10
D2/D1 = 0,20	0,49	$\theta = 45^\circ$	0,20
		$\theta = 60^\circ$	0,35
		$\theta = 90^\circ$	0,80
Pengecilan Mengerucut		T (Tee)	
D2/D1 = 0,80	0,05	Aliran searah	0,03-0,04
D2/D1 = 0,50	0,07	Aliran bercabang	0,75-1,80
D2/D1 = 0,20	0,08		
Pembesaran Tiba-tiba		Persilangan	
D2/D1 = 0,80	0,16	Aliran searah	0,50
D2/D1 = 0,50	0,57	Aliran bercabang	0,75
D2/D1 = 0,20	0,92		
Pembesaran Mengerucut		45° Wye	
D2/D1 = 0,80	0,03	Aliran searah	0,30
D2/D1 = 0,50	0,08	Aliran bercabang	0,50
D2/D1 = 0,20	0,13		

Sumber : Bentley, 2007

2.7. Komponen Sistem Jaringan

Dalam suatu sistem jaringan pipa terdapat berbagai komponen yang saling berkaitan, koomponen tersebut diantaranya adalah Pipa dan Tandon.

2.7.1. Pipa

Pada suatu jaringan distribusi air bersih, pipa merupakan komponen yang utama. Pipa ini berfungsi sebagai sarana untuk mengalirkan air dari sumber air menuju tandon maupun dari tandon menuju konsumen. Pipa tersebut memiliki bentuk penampang lingkaran dengan diameter yang bermacam-macam.

2.7.1.1. Jenis Pipa

Pipa pada umumnya terdiri dari berbagai jenis dan beragam macamnya. Pipa yang dipakai untuk sistem jaringan distribusi air terbuat dari bahan-bahan seperti berikut :

1. Pipa Besi Tuang (*Cast Iron*)

Pipa besi tuang telah digunakan lebih dari 200 tahun yang lalu. Pipa ini biasanya dicelupkan dalam larutan kimia untuk perlindungan terhadap karat. Umumnya panjang pipa adalah 4 m dan 6 m. Tekanan maksimum pipa sebesar 25 kg/cm² dan umur pipa dapat mencapai 100 tahun (Linsley, 1996,p.297). Keuntungan dan kerugian dari pipa ini dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5

Keuntungan dan Kerugian Pipa Besi Tuang (*Cast Iron*)

Keuntungan	Kerugian
<ul style="list-style-type: none"> - Pipa cukup murah - Pipa mudah disambung - Pipa tahan karat 	<ul style="list-style-type: none"> - Pipa berat sehingga biaya pengangkutan mahal - Pipa keras sehingga mudah pecah - Dibutuhkan tenaga ahli dalam penyambungan

Sumber : Linsley (1996,p.297)

2. Pipa Besi Galvanis (*Galvanized Iron*)

Pipa jenis ini bahannya terbuat dari pipa baja yang dilapisi seng. Pelapisan dengan cara ini merupakan pengendalian karat yang efektif. Umur pipa pendek yaitu antara 7-10 tahun. Pipa berlapis seng digunakan secara luas untuk jaringan pelayanan sistem distribusi kecil (Linsley, 1996,p.297). Keuntungan dan kerugian dari pipa ini dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6

Keuntungan dan Kerugian Pipa Besi Galvanis (*Galvanized Iron*)

Keuntungan	Kerugian
<ul style="list-style-type: none"> - Harga murah dan banyak tersedia di pasaran - Ringan sehingga mudah diangkut - Pipa mudah disambung 	<ul style="list-style-type: none"> - Pipa Mudah berkarat dalam air yang asam

Sumber : Linsley (1996,p.297)

3. Pipa Plastik (PVC)

Pipa ini lebih dikenal dengan sebutan pipa PVC (*Poly Vinyl Chloride*). Panjang pipa 4 m atau 6 m dengan ukuran diameter pipa mulai 16 mm hingga 350 mm. Dan umur

pipa dapat mencapai 75 tahun (Linsley, 1996,p.301). Keuntungan dan kerugian dari pipa ini dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7
Keuntungan dan Kerugian Pipa Plastik (PVC)

Keuntungan	Kerugian
<ul style="list-style-type: none"> - Harga murah dan banyak tersedia di pasaran - Ringan sehingga mudah diangkut - Mudah dalam pemasangan dan penyambungan - Pipa tahan karat 	<ul style="list-style-type: none"> - Pipa jenis ini mempunyai koefisien muai besar sehingga tidak tahan panas - Mudah bocor dan pecah

Sumber : Linsley (1996,p.301)

4. Pipa Baja (*Steel Pipe*)

Pipa ini terbuat dari baja lunak dan mempunyai banyak ragam di pasaran, mempunyai garis tengah sampai lebih dari 6 m. Umur pipa baja yang cukup terlindungi paling sedikit 40 tahun (Linsley, 1996,p.2296). Keuntungan dan kerugian dari pipa ini dapat dilihat pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8
Keuntungan dan Kerugian Pipa Baja (*Steel Pipe*)

Keuntungan	Kerugian
<ul style="list-style-type: none"> - Tersedia dalam berbagai ukuran panjang - Mudah dalam pemasangan dan penyambungan - Kekuatan lentur yang kuat dan dilapisi campuran 	<ul style="list-style-type: none"> - Pipa tidak tahan karat - Pipa berat, biaya mahal

Sumber : Linsley, 1996:296

5. Pipa Beton (*Concretel Pipe*)

Pipa ini tersedia dalam ukuran garis tengah 750 mm - 3600 mm, sedangkan panjang standar 3,6 - 7,2 m. Pipa ini berumur 30 - 50 tahun (Linsley, 1996,p.299). Keuntungan dan kerugian dari pipa ini dapat dilihat pada Tabel 2.9.

Tabel 2.9

Keuntungan dan Kerugian Pipa Beton (*Concretel Pipe*)

Keuntungan	Kerugian
<ul style="list-style-type: none"> - Bermutu tinggi - Tidak menggunkan tulangan 	<ul style="list-style-type: none"> - Air alkali bisa menyebabkan berkarat

Sumber : Linsley, 1996:296

6. Pipa HDPE (High Density Polyethylene)

Pipa plastik bertekanan yang banyak digunakan untuk pipa air dan pipa gas. Disebut pipa plastik karena meterial HDPE berasal dari polymer minyak bumi. Pipa-pipa HDPE memiliki daya tahan lama karena adanya rekayasa teknologi canggih. Teknologi yang digunakan untuk memproduksi pipa ini dikenal sebagai *Process Intensification* (Intensifikasi Proses) atau disingkat PI. Pipa HDPE dapat disambungkan dengan cara pemanasan (*head fusion*) untuk membentuk sambungan bersama yang kuat atau lebih kuat daripada pipa itu sendiri dan tanpa kebocoran. Benefit pipa HDPE tidak akan menimbulkan korosi pada pipa, *tuberculate* atau mendukung pertumbuhan biologis (jamur). Keuntungan dan kerugian dari pipa ini dapat dilihat pada Tabel 2.10.

Tabel 2.10

Keuntungan dan Kerugian Pipa Pipa HDPE (*High Density Polyethylene*)

Keuntungan	Kerugian
<ul style="list-style-type: none"> - Tersedia dalam berbagai ukuran panjang - Tahan hingga 50 tahun pemakaian - Teknik penyambungan mudah - Tahan karat - Tingkat kelenturan tinggi 	<ul style="list-style-type: none"> - Diameter pipa maksimal 400 mm - Lebih mahal dari PVC - Pemasangan dan penyambungan lebih susah

Sumber : www.pipahdpehitam.blogspot.com

2.7.1.2. Kriteria Jaringan Pipa Air Bersih

Dalam perencanaan jaringan pipa harus memenuhi kriteria-kriteria agar pada saat pengoperasian dapat berjalan sesuai dengan standar yang ada. Adapun kriteria jaringan pipa ditampilkan pada tabel berikut :

Tabel 2.11
Kriteria Jaringan Pipa

Perubahan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kecepatan 0,1-2,5 m/detik <ul style="list-style-type: none"> - Kecepatan kurang dari 0,1 m/detik <ol style="list-style-type: none"> a. Diameter pipa diperkecil b. Ditambahkan pompa c. Elevasi hulu pipa hendaknya lebih tinggi (disesuaikan di lapangan) - Kecepatan lebih dari 2,5 m/detik <ol style="list-style-type: none"> a. Diameter pipa diperbesar b. Elevasi pipa bagian hulu terlalu besar dibandingkan dengan hilir 2. <i>Headloss Gradient</i> 0 – 15 m/km <ul style="list-style-type: none"> - <i>Headloss Gradient</i> lebih dari 15 m/km <ol style="list-style-type: none"> a. Diameter pipa diperbesar b. Elevasi pipa bagian hulu terlalu besar dibandingkan dengan hilir pipa 3. Tekanan 0,5-8 atm <ul style="list-style-type: none"> - Tekanan kurang dari 0,5 atm <ol style="list-style-type: none"> a. Diameter pipa diperbesar b. Ditambahkan pompa c. Pemasangan pipa yang kedua di bagian atas, sebagian atau keseluruhan dari panjang pipa - Tekanan lebih dari 8 atm <ol style="list-style-type: none"> a. Diameter pipa diperkecil b. Ditambahkna bangunan bak pelepas tekan c. Pemasangan <i>Pressure Reducer Valve</i> (PRV)
-----------	--

Sumber : Permen PU Tentang Penyelenggaraan Pengembangan SPAM

2.7.2. Sarana Penunjang

Pipa yang digunakan dalam jaringan distribusi air baku/bersih harus dilengkapi dengan alat bantu agar bisa berfungsi dengan baik. Alat bantu tersebut diantaranya sebagai berikut :

1. Sambungan antar pipa

- Mangkok (*bell*) dan Lurus (*spigot*)

Spigot dari suatu pipa dimasukkan ke dalam *bell* (*socket*) pipa lainnya untuk menghindari suatu kebocoran.

- *Flange Joint*

Biasanya digunakan untuk pipa yang bertekanan tinggi, untuk sambungan yang dekat dekat dengan pompa, perlu disiapkan *packing* diantara *flange* untuk mencegah kebocoran.

- *Increaser* dan *Reducer*

Increaser digunakan untuk menyambung pipa dari diameter kecil ke pipa yang berdiameter lebih besar. Sedangkan *reducer* digunakan untuk menyambung pipa dari diameter besar ke diameter yang lebih kecil.

- Perlengkapan “T”

Untuk pipa sekunder dipasang tegak lurus (90°) pada pipa primer berbentuk T. Pada ujung-ujungnya perlengkapan dapat terdiri dari kombinasi *spigot*, *socket* dan *flange*.

- Perlengkapan “Y”

Digunakan untuk menyambung pipa yang bercabang, misalnya sambungan untuk pipa sekunder yang dipasang pada pipa primer dengan sudut 45° .

- Belokan (*bend/elbow*)

Belokan (*bend*) digunakan untuk mengubah arah dari lurus dengan sudut perubahan standar yang merupakan sudut dari belokan tersebut. Besar belokan standar adalah $11\frac{1}{4}^\circ$, $22\frac{1}{2}^\circ$, 45° dan 90° .

2. Katup (*valve*)

- PRV (*Pressure Reducing Valve*) atau katup penurun tekanan

Digunakan untuk menaggulangi tekanan yang terlalu besar di hilir katup. Jika tekanan naik melebihi nilai batas, maka PRV akan menutup dan akan terbuka penuh bila tekanan di hulu lebih rendah dari nilai yang telah ditetapkan pada katup tersebut.

- *Gate Valve*

Dipergunakan untuk pengaturan aliran, baik dengan membuka ataupun menutup sesuai dengan kebutuhan. Dipergunakan pada pipa induk terutama untuk pipa yang berdiameter besar. Keuntungannya yaitu tahan terhadap tekanan besar. Kehilangan tekanan hampir tidak ada.

- *Globe Valve*

Digunakan untuk mengatur besar kecilnya laju aliran *fluida* dalam pipa. Keuntungan menggunakan *globe valve* yaitu kemampuan dalam menutup dan mengatur laju aliran cukup baik. Kelemahan penggunaan *globe valve* yaitu penurunan tekanan lebih tinggi dibandingkan dengan *gate valve*.

- *Check Valve*

Digunakan untuk membuat aliran *fluida* hanya mengalir ke satu arah saja atau agar tidak terjadi *back flow*.

- *Altitude Valve* (Katup Elevasi dan Pelampung)

Katup jenis ini digunakan pada *reservoir*. Apabila *reservoir* terisi penuh, katup ini akan menutup secara otomatis dan membuka jika tekanan pada sistem distribusi lebih rendah daripada tekanan dalam reservoir.

- Katup Penguras

Katup penguras dipasang pada pipa transmisi yang elevasinya paling rendah pada pengurasan/pencucian pipa agar kotoran-kotoran yang mengendap pada pipa dapat dibuang dengan mudah. Katup penguras ini modelnya sama dengan katup pengatur debit yang membedakan hanya fungsi penggunaannya.

- *Air Release Valve* (Katup Pelepas Udara)

Katup udara dipasang pada jaringan pipa transmisi pada bagian elevasi tertinggi misalnya pada jembatan-jembatan pipa dimaksudkan guna membuang udara yang ada di dalam pipa, hal ini guna menjamin kelancaran aliran air. Katup udara ini yang umum digunakan adalah model tunggal dan model ganda yang biasa dikenal dengan nama *air vent valve*.

3. Meter Air

Meter air digunakan untuk mengetahui debit atau jumlah aliran yang mengalir dalam pipa. Salah satu manfaat penggunaan meter air pada sistem jaringan penyediaan air bersih adalah untuk mengetahui jumlah air yang mengalir ke konsumen.

2.8. Tandon

Secara umum tandon adalah tempat tampungan sementara air baku dari sumber air.

Adapun fungsi yang sangat penting dari tandon diantaranya sebagai berikut :

- Menampung kelebihan air pada pemanfaatan atau pemakaian air
- Mensuplai air pada saat pemakaian puncak pada daerah pelayanan
- Menambah tekanan pada jaringan pipa
- Tempat pengendapan kotoran
- Tempat pembubuhan disinfektan

Volume jumlah dan lokasi tandon air disesuaikan dengan rencana daerah layanan sehingga pemenuhan kebutuhan air baku dapat dipenuhi sepanjang waktu dan terdistribusi ke seluruh rencana daerah layanan. Sumber air untuk tandon air dapat berasal dari jaringan

pipa air baku yang diambil dari sumber air ataupun dari *supply* melalui jalan darat (truk, tanki, dll).

Persyaratan yang harus dipenuhi baik untuk perencanaan tandon air maupun hidran umum adalah : mudah dijangkau, terletak di pinggir jalan darat, terdistribusi merata untuk daerah layanan, dekat dengan pusat kegiatan, bebas dari gangguan dan lain-lain. Elevasi pada tandon diidentifikasi sebagai elevasi dasar tandon. Elevasi muka air tandon adalah jarak vertikal dari dasar tandon muka air bebas, sehingga tekanannya lebih besar dari nol. Besarnya kapasitas tandon bergantung pada variasi kebutuhan air minimum, maksimum, kapasitas konstan pemompaan dan faktor kegunaan dari tandon tersebut. Rencana volume tandon ditentukan dengan memperhitungkan debit pada jam puncak dan perkiraan lama jam puncak.

Untuk keamanan diberikan volume untuk ruang udara dalam tandon yang diambil sebesar 10% dari volume tandon. Kemudian volume tandon ditambah dengan volume udara dijadikan sebagai volume rencana dalam pembuatan tandon. Dengan demikian diperoleh dimensi tandon dengan persamaan sebagai berikut :

$$V = T \cdot L \cdot P \dots\dots\dots (2-17)$$

dengan :

V = volume tandon (m^3)

T = tinggi tandon (m)

L = lebar tandon (m)

P = panjang tandon (m)

Setiap tandon paling tidak memiliki perlengkapan sebagai berikut :

- a. Pipa air masuk (*inlet*) dan pipa air keluar (*outlet*)

Pipa air masuk berfungsi untuk mengalirkan air ke dalam tandon. Tandon biasanya mempunyai *inlet* dan *outlet* yang terpisah. Hal ini dimaksudkan untuk meningkatkan sirkulasi aliran di dalam tandon sehingga air yang keluar mempunyai kualitas yang terjamin.

- b. Lubang inspeksi (*manhole*)

Setiap tandon harus dilengkapi dengan lubang inspeksi untuk memudahkan perawatan dengan ukuran yang cukup, agar orang yang masuk ke dalam tandon tidak sulit.

- c. Tangga naik dan turun ke dalam bak

Tangga harus disiapkan untuk menjaga keamanan dan kemudahan akses ke beberapa bagian tandon.

- d. Pipa penguras

Pipa penguras dipakai untuk menguras tandon. Pada pipa ini dibuat pengaman seperti pipa peluap.

- e. Alat penunjuk level air

Alat penunjuk level air digunakan untuk menunjukkan tinggi rendahnya permukaan air.

- f. Ventilasi udara

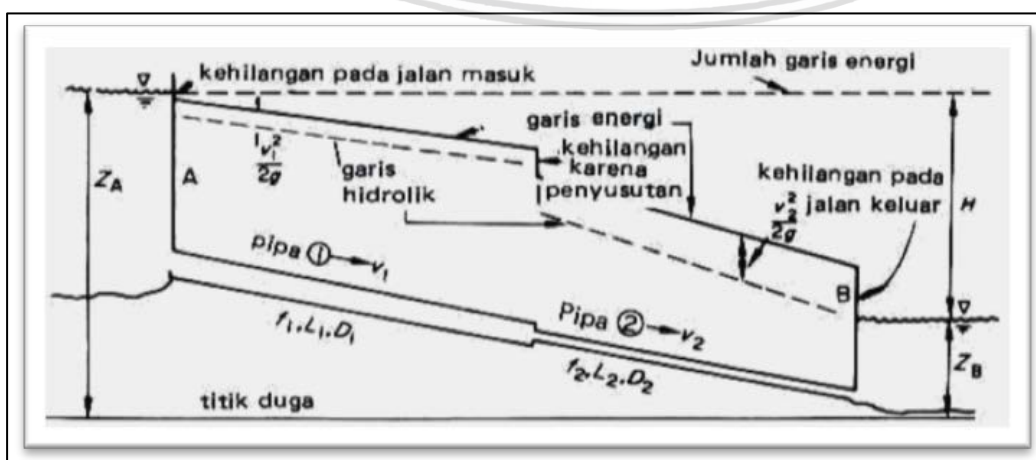
Ventilasi udara dipasang pada tandon untuk keluar masuknya udara pada saat air turun dan naik, juga harus dipasang saringan serangga.

2.9. Mekanisme Pengaliran dalam Pipa (Sistem Perpipaan)

Sistem perpipaan jaringan distribusi air baku dibagi menjadi dua yaitu pipa hubungan seri dan pipa hubungan paralel. Penggunaan dua sistem pemipaan ini bergantung pada kondisi lapangan dan melihat tingkat kebutuhan airnya.

2.9.1. Pipa Hubungan Seri

Apabila dalam suatu saluran pipa terdiri dari pipa dengan ukuran yang berbeda-beda dengan sambungan diameter yang sama, maka pipa tersebut dalam hubungan seri, pemasangan pipa secara seri akibat adanya dari perbedaan ukuran akan menimbulkan beberapa kehilangan tinggi tekan (Priantoro, 1991,p.49).



Gambar 2.5 Pipa Hubungan Seri
Sumber : Dake (1985,p.78)

Menurut Triatmodjo (1996,p.74) Persamaan Kontinuitas dirumuskan sebagai berikut :

$$Q = Q_1 = Q_2 \dots\dots\dots (2-18)$$

dengan :

Q = total debit pada pipa yang terpasang seri (m^3/det)

Q_1, Q_2 = debit pada pipa 1 dan 2 (m^3/det)

Sedangkan untuk total kehilangan tekanan pada pipa yang terpasang seri (Triatmodjo, 1996,p.74) :

$$H = hf_1 + hf_2 \dots\dots\dots (2-19)$$

dengan :

H = total kehilangan tekan pada pipa yang terpasang seri (m)

hf_1, hf_2 = kehilangan pada tiap pipa (m)

2.9.2. Pipa Hubungan Paralel

Apabila dua pipa atau lebih yang terletak sejajar dan pada ujungnya dihubungkan oleh satu simpul maka pipa tersebut dipasang dalam kondisi paralel. Debit total dalam pemasangan seri merupakan hasil dari penjumlahan debit aliran tiap pipa, sedangkan kehilangan tekanan pada tiap pipa adalah sama. Persamaan garis energi pada pipa paralel :

$$H = hf_1 = hf_2 = hf_3 \dots\dots\dots (2-20)$$

dengan :

hf_1, hf_2 dan hf_3 = kehilangan tekan tiap pipa (m)

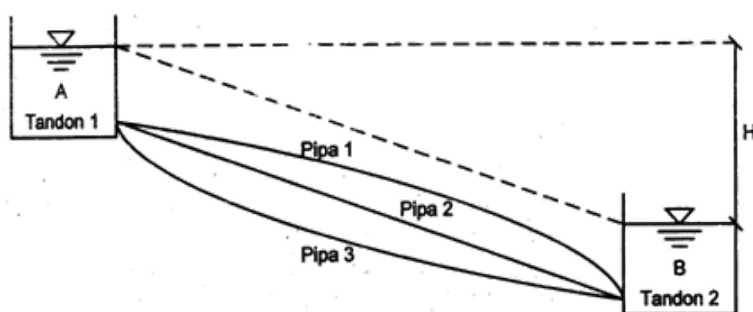
Sedangkan persamaan kontinuitasnya :

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 \dots\dots\dots (2-21)$$

dengan :

Q = total debit pada pipa paralel (m^3/det)

Q_1, Q_2, Q_3 = debit pada tiap pipa (m^3/det)



Gambar 2.6 Pipa Hubungan Paralel
Sumber : Triatmodjo (1996,p.79)

2.10. Simulasi Aliran pada Sistem Jaringan Distribusi

Dalam kajian ini hanya dibahas analisa tekanan dan aliran dalam sistem jaringan distribusi pada kondisi tidak permanen.

2.10.1. Analisa pada Kondisi Permanen

Analisa pada kondisi permanen akan mengevaluasi kondisi aliran, tekanan dan kapasitas dari komponen sistem distribusi air bersih termasuk sistem pipa, penampungan dan sistem pompa pada corak permintaan tunggal. Simulasi ini dilakukan pada saat kondisi kritis pada harian maksimum, jam puncak, kebutuhan puncak dan pengisian tampungan sehingga memberikan suatu informasi dari kondisi jaringan pada waktu yang diberikan.

2.10.2. Analisa pada Kondisi Tidak Permanen

Analisa pada kondisi tidak permanen akan mengevaluasi kondisi aliran, tekanan dan kapasitas dari komponen sistem distribusi air bersih termasuk sistem pipa, penampungan dan sistem pompa pada corak rangkaian permintaan serial dengan permintaan sistem berubah-ubah. Dalam simulasi ini terdapat beberapa parameter yang digunakan seperti karakteristik tandon, kontrol operasi, pompa, durasi dan nilai tahap waktu, rasio dan faktor beban (*loading factor*). Beberapa kriteria dan asumsi yang digunakan yaitu simulasi didasarkan pada perhitungan fluktuasi beban titik simpul sebagai akibat corak perubahan permintaan yang dilakukan pada kondisi normal dimana variasi kebutuhan titik simpul disebabkan oleh fluktuasi kebutuhan pelanggan tiap jam dengan durasi 24 jam.

2.11. Metode Analisis Jaringan Pipa

Keluaran yang utama dari analisa pada jaringan pipa adalah nilai tinggi tekan pada tiap titik simpul dan besarnya debit pada tiap pipa. Pada setiap jaringan pipa terdapat dua kondisi dasar yang harus dipenuhi (Webber, 1971,p.122) :

1. Hukum konservasi energi, jumlah aljabar dari kehilangan energi yang dikelilingi setiap putaran (loop) atau setiap jaringan pipa tertutup harus sama dengan nol. Kekekalan energi pada dasarnya suatu energi tidak dapat hilang, atau dapat dikatakan bahwa jumlah energi selalu tetap (kekal). Dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\sum h_f = 0 \quad \text{.....} \quad (2-22)$$

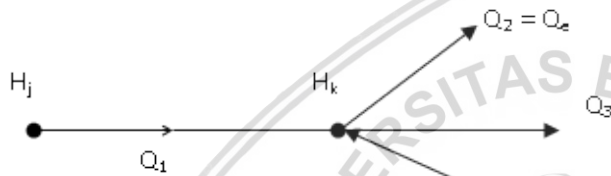
2. Hukum kontinuitas, aliran yang memasuki suatu titik pertemuan harus sama besar dengan yang meninggalkan titik tersebut. Dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\sum Q_{in} - \sum Q_{out} = \sum Q_E \quad \text{.....} \quad (2-23)$$

Dalam menggunakan dua persamaan di atas, *Handy Cross* (1936) menawarkan dua metode untuk analisa pada jaringan pipa. Dua metode tersebut adalah metode jaringan tertutup (*loop method*) dan metode titik simpul (*node method*). Metode jaringan tertutup metode titik simpul menyatakan persamaan kontinuitas dari segi elevasi tinggi tekan pada suatu titik simpul persimpangan (*jucntion nodes*).

2.11.1. Metode Titik Simpul

Dalam persamaan titik simpul digunakan persamaan kontinuitas aliran dengan lebih mempertimbangkan besarnya debit aliran pada pipa seperti yang dipakai dalam metode jaringan tertutup (*loop method*). Pada *Gambar 2.7* ditunjukkan suatu skema jaringan dengan memakai metode titik simpul.



Gambar 2.7 Skema Jaringan Sederhana
Sumber : Webber (1971,p.126)

Penggunaan sistem keseimbangan debit ini merupakan modifikasi yang diusulkan oleh R.J. Connish dengan langkah sebagai berikut (Webber, 1971,p.126) :

1. Asumsi tinggi tekan h_a pada tiap-tiap titik pertemuan yang tekanannya belum diketahui
2. Memilih salah satu dari titik-titik pertemuan ini dan hitung nilai H_{fa} untuk masing-masing percabangan
3. Hitung dan cocokkan debit Q_a dengan menggunakan rumus
4. Jika tinggi tekanan yang telah diasumsikan pada awal perhitungan tidak sesuai dengan jumlah debit pada titik pertemuan atau tidak sama dengan nol, maka hitung kelebihan atau kekurangan pada debit $\sum Q_a$

5. Menghitung nilai $\left(\frac{\sum h_{fa}}{Q_a} \right)$ untuk tiap-tiap jaringan tertutup

6. Menentukan koreksi pada pipa pertemuan dengan persamaan :

$$\Delta h = \frac{m \sum Q_a}{\sum (Q_a / h_{fa})} \dots \dots \dots (2-24)$$

7. Kehilangan tinggi tekan pada titik-titik pertemuan dihitung dengan menggunakan persamaan :

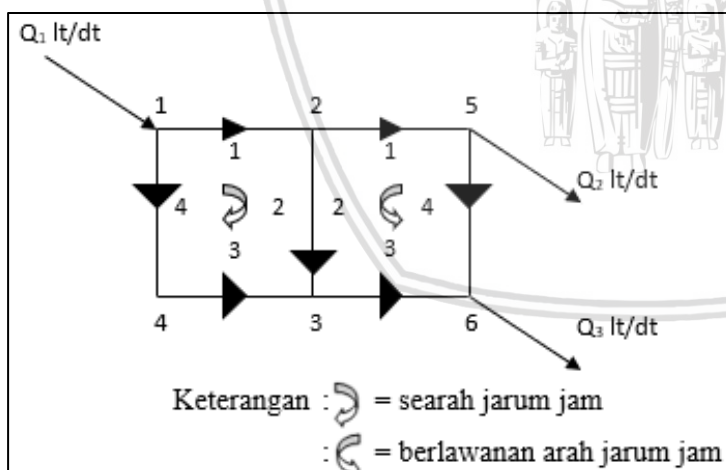
$$H = h_a + Ah \quad \dots\dots\dots (2-25)$$

8. Hasil perhitungan tinggi tekanan untuk titik-titik pertemuan diterapkan di dalam jaringan pipa yang diperoleh dari kehilangan tinggi sebelumnya.
9. Ulangi lagi langkah-langkah di atas sampai didapatkan keseimbangan seperti yang diharapkan.

2.11.2. Metode Jaringan Tertutup

Pada *Gambar 2.8* menunjukkan suatu sistem kecil yang terdiri dari dua jaringan tertutup (*loop*). Jika di dalam sistem sudah terjadi keseimbangan (persyaratan standar dari semua persamaan sudah terpenuhi) maka kehilangan gesekan di pipa 1 dan pipa 2 sama dengan kehilangan di pipa 3 dan pipa 4.

Dengan perumpamaan arah jarum jam, kehilangan gesekan dikatakan positif apabila searah jarum jam dan sebaliknya. Kemudian syarat jaringan tersebut dikatakan seimbang bila $\sum h_f = 0$. Untuk keseluruhan jaringan dari tiap-tiap pipa yang menjadi sebuah jaringan tertutup, h_f adalah kehilangan gesekan pada pipa.



Gambar 2.8 Jaringan Tertutup dengan Dua Loop

Sumber : Triatmodjo (1996,p.93)

Konsep yang dikemukakan oleh Hardy Cross adalah menggunakan persamaan kontinuitas, dimana aliran masuk sama dengan aliran keluar dalam suatu sistem jaringan. Adapun tata cara perhitungan metode jaringan tertutup yang dikemukakan oleh Hardy Cross

dengan prinsip keseimbangan tinggi tekan (*head balance*) adalah sebagai berikut (Triatmodjo, 1996,p.93) :

1. Pilih pembagian debit melalui tiap-tiap pipa Q_0 hingga terpenuhi syarat kontinuitas
2. Hitung kehilangan tenaga pada tiap pipa dengan rumus $h_f = k \cdot Q^2$
3. Jaringan pipa dibagi ke dalam sejumlah jaringan pipa tertutup sedemikian sehingga tiap pipa termasuk dalam paling sedikit satu jaring
4. Menghitung jumlah kerugian tinggi tenaga sekeliling tiap-tiap jaring, yaitu Σh_f . Jika pengaliran seimbang maka $\Sigma h_f = 0$
5. Hitung nilai $\Sigma |2kQ|$ untuk setiap jaring
6. Pada tiap jaring diadakan koreksi debit (ΔQ), supaya kehilangan tinggi tenaga dalam jaringan seimbang. Adapun koreksinya adalah sebagai berikut :

$$\Delta Q = \frac{\sum kQ_0^2}{\sum |2kQ_0|}$$

Dengan debit yang telah dikoreksi sebesar :

$$Q = Q_0 + \Delta Q$$

Prosedur dari 1 sampai 6 diulangi hingga akhirnya $\Delta Q \approx 0$, dengan Q adalah debit sebenarnya, Q_0 adalah debit dimisalkan dan ΔQ adalah debit koreksi.

2.12. Analisa Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih dengan Aplikasi Software

Analisa sistem jaringan distribusi air bersih merupakan suatu perencanaan yang rumit. Penyebab utama rumitnya analisis dikarenakan banyaknya jumlah proses *trial and error* yang harus dilakukan pada seluruh komponen yang ada pada sistem jaringan distribusi air bersih jaringan tersebut. Pada saat ini program-program komputer di bidang perencanaan sistem jaringan distribusi air bersih sudah demikian berkembang dan maju sehingga kerumitan dalam perencanaan sistem jaringan distribusi air bersih dapat diatasi dengan menggunakan program tersebut. Proses *trial and error* dapat dilakukan dalam waktu singkat dengan tingkat kesalahan yang relatif kecil karena programlah yang akan menganalisisnya. Dalam studi ini akan digunakan program *WaterGEMS V8i* dikarenakan program ini merupakan program keluaran terbaru dari perusahaan *Bentley Software*, program yang sangat bagus untuk menganalisa sistem jaringan perpipaan.

2.12.1. Deskripsi Program *WaterGEMS V8i*

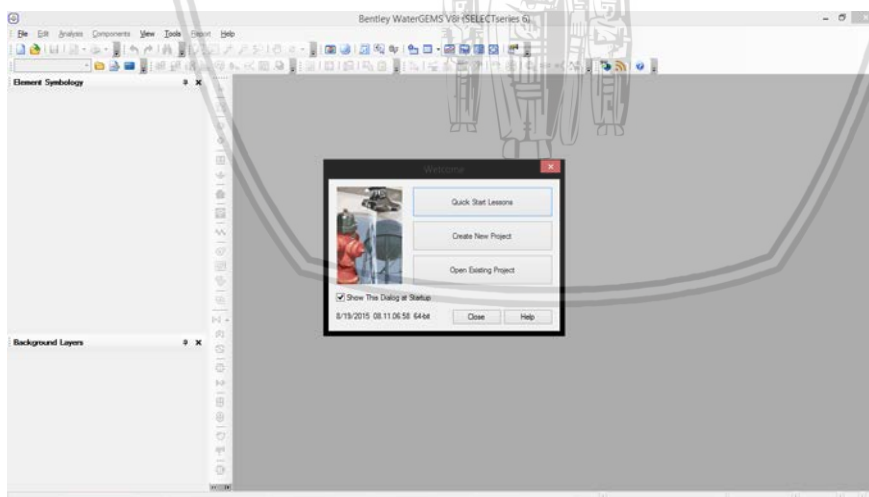
Bentley WaterGEMS adalah *software* komersial analisis, pemodelan dan jaringan tekanan manajemen (sistem distribusi atau irigasi) dengan integrasi penuh ke dalam lingkungan *GIS*, dimiliki oleh *Enterprise Software Bentley Systems, Incorporated* menghasilkan solusi untuk desain, konstruksi dan pengoperasian infrastruktur di berbagai bidang. *WaterGEMS* seperti *WaterCAD* (produk dari *software* rumah yang sama) memungkinkan simulasi hidrolik dari model komputasi, dalam hal ini diwakili oleh unsur-unsur jenis seperti *line* (bagian pipa), titik (konsumsi *nodes*, *tank*, waduk, hidran) dan *hybrid* (pompa, katup kontrol, regulasi, dll). Namun *WaterGEMS* ditambahkan ke kemampuan analisis hidrolik termasuk dalam *WaterCAD*, lingkungan dukungan *GIS* dan berbagai modul termasuk analisis cangguh.

2.12.2. Tahapan Penggunaan Program *WaterGEMS V8i*

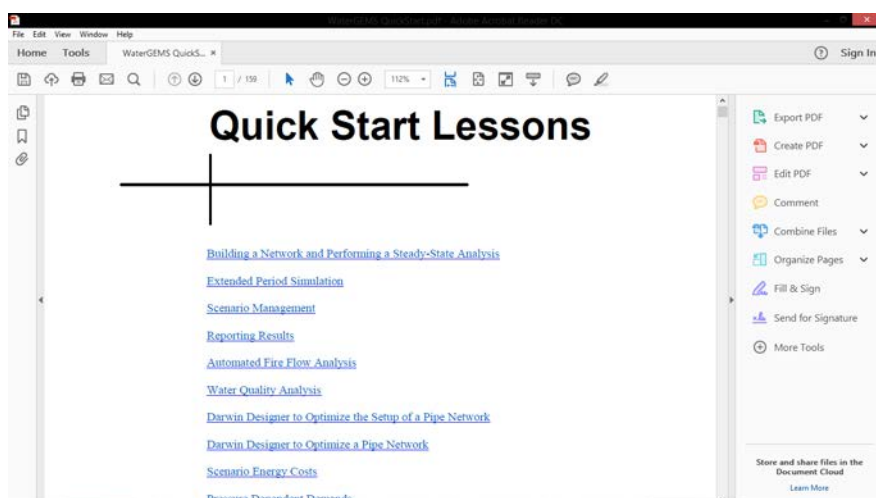
Tahapan dalam penggunaan aplikasi/*software WaterGEMS* adalah sebagai berikut :

1. Buka aplikasi/program *WaterGEMS V8i*

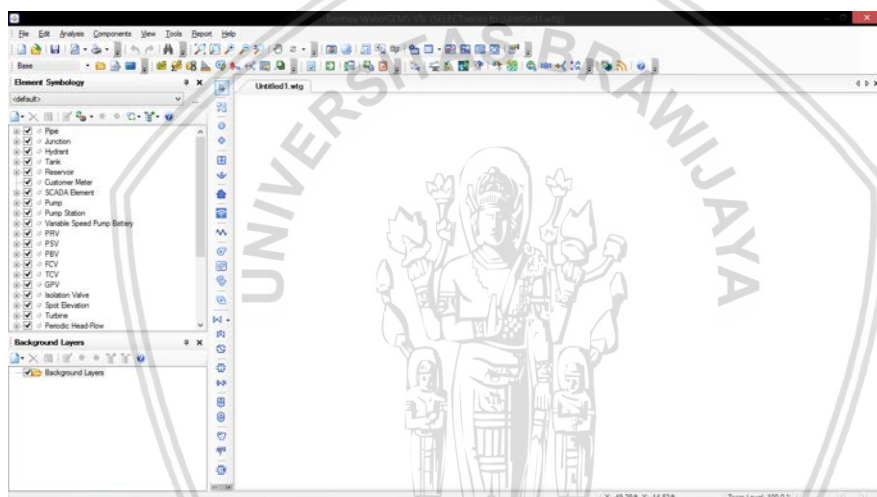
Setelah program tersebut berjalan maka akan segera muncul kotak dialog. Kotak dialog tersebut memuat beberapa pilihan diantaranya *Quick Start Lessons*, *Create New Project*, dan *Open Existing Project*. Dengan adanya dialog ini maka pengguna bisa mengakses sesuai kebutuhan/keinginan sang pengguna.



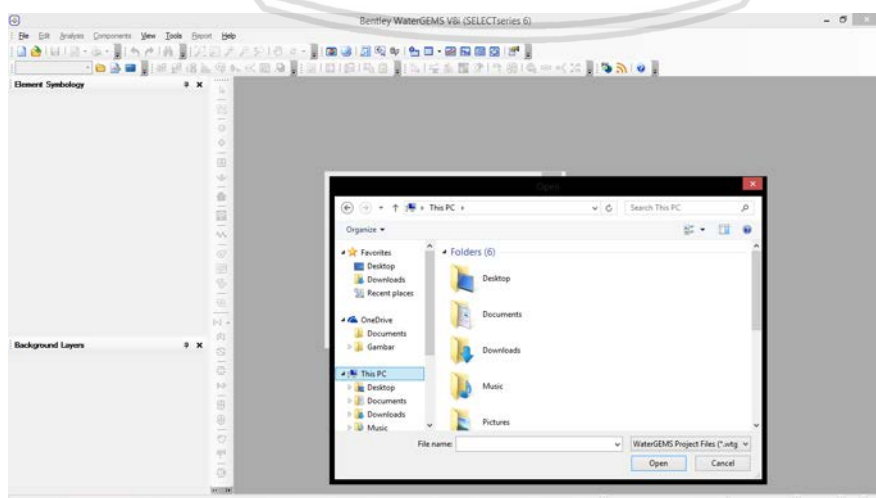
Gambar 2.9 Tampilan Kotak Dialog pada Program *WaterGEMS V8i*
Sumber : Bentley



Gambar 2.10 Tampilan Setelah memilih *Quick Start Lessons* pada Kotak Dialog
Sumber : Bentley



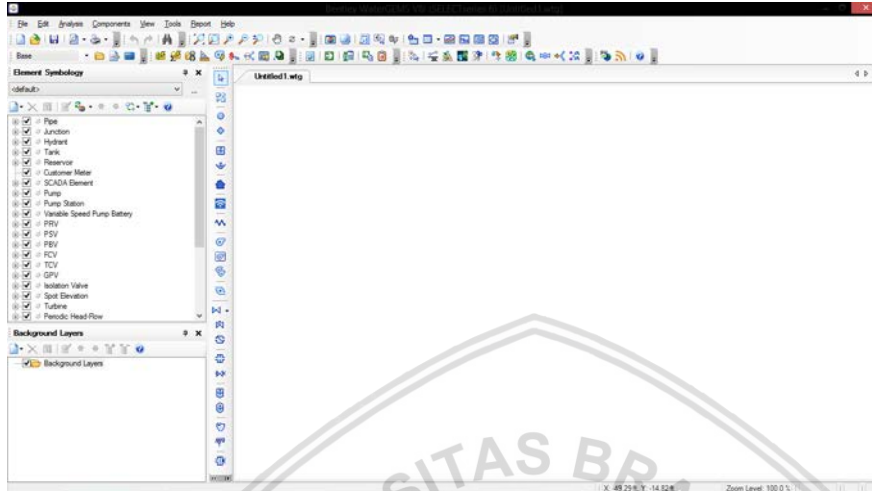
Gambar 2.11 Tampilan Setelah Memilih *Create New Project* pada Kotak Dialog
Sumber : Bentley



Gambar 2.12 Tampilan Setelah Memilih *Open Existing Project* pada Kotak Dialog
Sumber : Bentley

2. Pembuatan lembar kerja

Pembuatan lembar kerja baru dapat dilakukan dengan memilih *Create New Project* pada kotak dialog atau bisa dengan cara klik *file* pada pojok kiri atas halaman, kemudian klik *new*.



Gambar 2.13 Tampilan Lembar Kerja pada *WaterGEMS V8i*
Sumber : Bentley

3. Pemodelan komponen- komponen sistem jaringan distribusi air bersih

Dalam program *WaterGEMS V8i* terdapat berbagai komponen sistem jaringan air bersih, diantaranya *reservoir*, pipa, *junction* (titik simpul), tandon dan lain sebagainya yang dimodelkan sedemikian rupa sehingga mendekati kinerja komponen aslinya di lapangan. Untuk keperluan pemodelan, *WaterGEMS V8i* telah memberikan penamaan setiap komponen tersebut secara otomatis yang dapat diganti sesuai dengan keperluan agar memudahkan dalam pengerjaan, pengamatan, penggantian ataupun pencarian suatu komponen tertentu. Agar dapat memodelkan setiap komponen sistem jaringan distribusi air baku dengan benar, perancang harus mengetahui cara memodelkan komponen tersebut dalam *WaterGEMS V8i*. Adapun jenis-jenis pemodelan komponen sistem jaringan distribusi air baku dalam *WaterGEMS V8i* adalah sebagai berikut :

a. Pemodelan titik simpul (*junction*)

Titik simpul merupakan suatu simbol yang mewakili atau komponen yang bersinggungan langsung dengan konsumen dalam hal pemberian air baku. Ada dua tipe aliran pada titik simpul ini, yaitu berupa kebutuhan air (*demand*) dan berupa aliran masuk (*inflow*). Jenis aliran yang berupa kebutuhan air baku digunakan bila pada simpul tersebut ada pengambilan air, sedangkan aliran

masuk digunakan bila pada titik simpul tersebut ada tambahan debit yang masuk. Data yang dibutuhkan sebagai masukan bagi titik simpul antara lain elevasi titik simpul dan data kebutuhan air bersih pada titik simpul tersebut.

b. Pemodelan kebutuhan air baku

Kebutuhan air baku pada tiap-tiap titik simpul dapat berbeda-beda yang bergantung dari luas cakupan layanan dan jumlah konsumen pada titik simpul tersebut. Kebutuhan air menurut *WaterGEMS V8i* dibagi menjadi dua, yaitu kebutuhan tetap (*fixed demand*) dan kebutuhan berubah (*variable demand*). Kebutuhan tetap adalah kebutuhan air rerata tiap harinya sedangkan kebutuhan berubah atau *berfluktuatif* adalah kebutuhan air yang berubah setiap jamnya sesuai dengan pemakaian air.

c. Pemodelan pipa

Pipa adalah suatu komponen yang menghubungkan katup (*valve*), titik simpul, pompa dan tandon. Untuk memodelkan pipa, memerlukan beberapa data teknis seperti jenis bahan, diameter dan panjang pipa, kekasaran (*roughness*) dan status pipa (buka-tutup). Jenis bahan pipa oleh *WaterGEMS V8i* telah disediakan sehingga dapat dipilih secara langsung sesuai dengan jenis bahan pipa yang digunakan di lapangan. Sedangkan diameter dan panjang pipa dapat dirancang sesuai dengan kondisi di lapangan. Apabila diatur secara skalatis, maka ukuran panjang pipa secara otomatis berubah sesuai dengan perbandingan skala ukuran yang dipakai. Sedangkan dalam pengaturan skematis, panjang pipa dapat diatur tanpa memperhatikan panjang pipa di layar komputer.

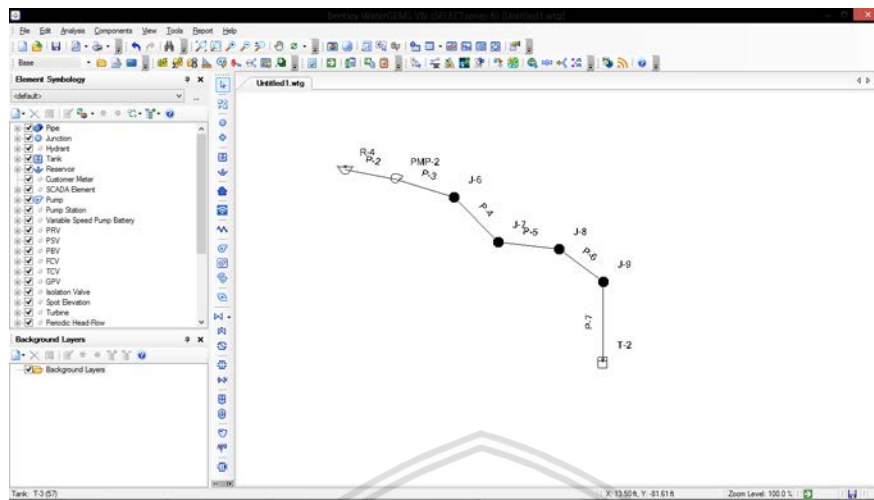
d. Pemodelan tandon (*watertank*)

Untuk pemodelan tandon diperlukan beberapa data yaitu ukuran, bentuk dan elevasi tandon. Data elevasi yang dibutuhkan oleh tandon meliputi tiga macam, yaitu elevasi maksimum, elevasi minimum dan elevasi awal kerja (*initial elevation*) dimana elevasi awal kerja harus berada pada kisaran elevasi minimum dan elevasi maksimum.

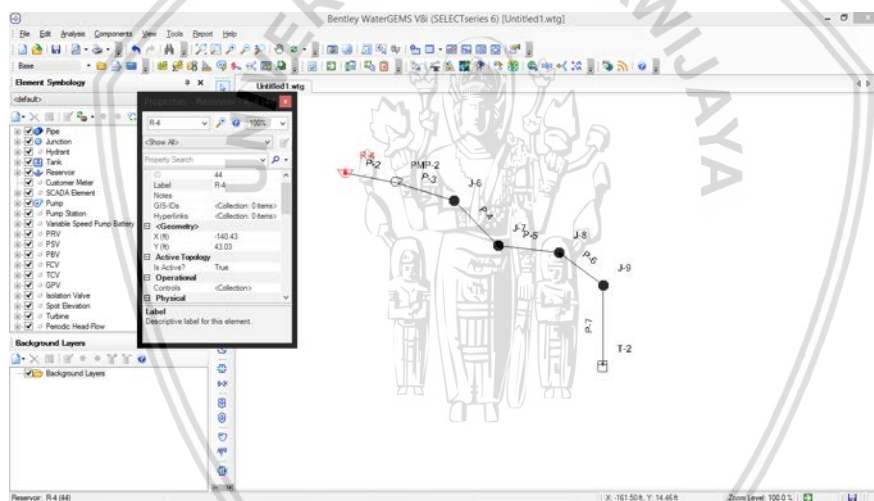
e. Pemodelan mata air (*reservoir*)

Pada program *WaterGEMS V8i*, reservoir digunakan sebagai model dari suatu sumber air seperti danau dan sungai. Di sini reservoir dimodelkan sebagai sumber air yang tidak bisa habis atau elevasi air selalu berada pada elevasi konstan pada saat berapapun kebutuhan airnya. Data yang dibutuhkan untuk

memodelkan sebuah mata air adalah kapasitas debit dan elevasi mata air tersebut.



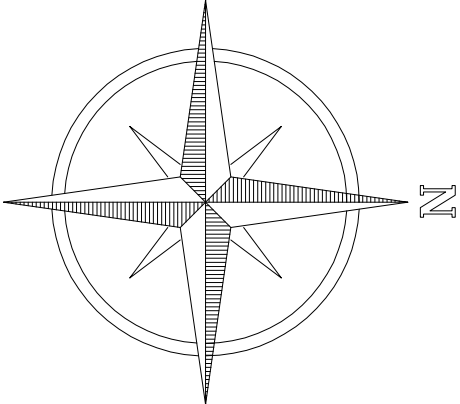
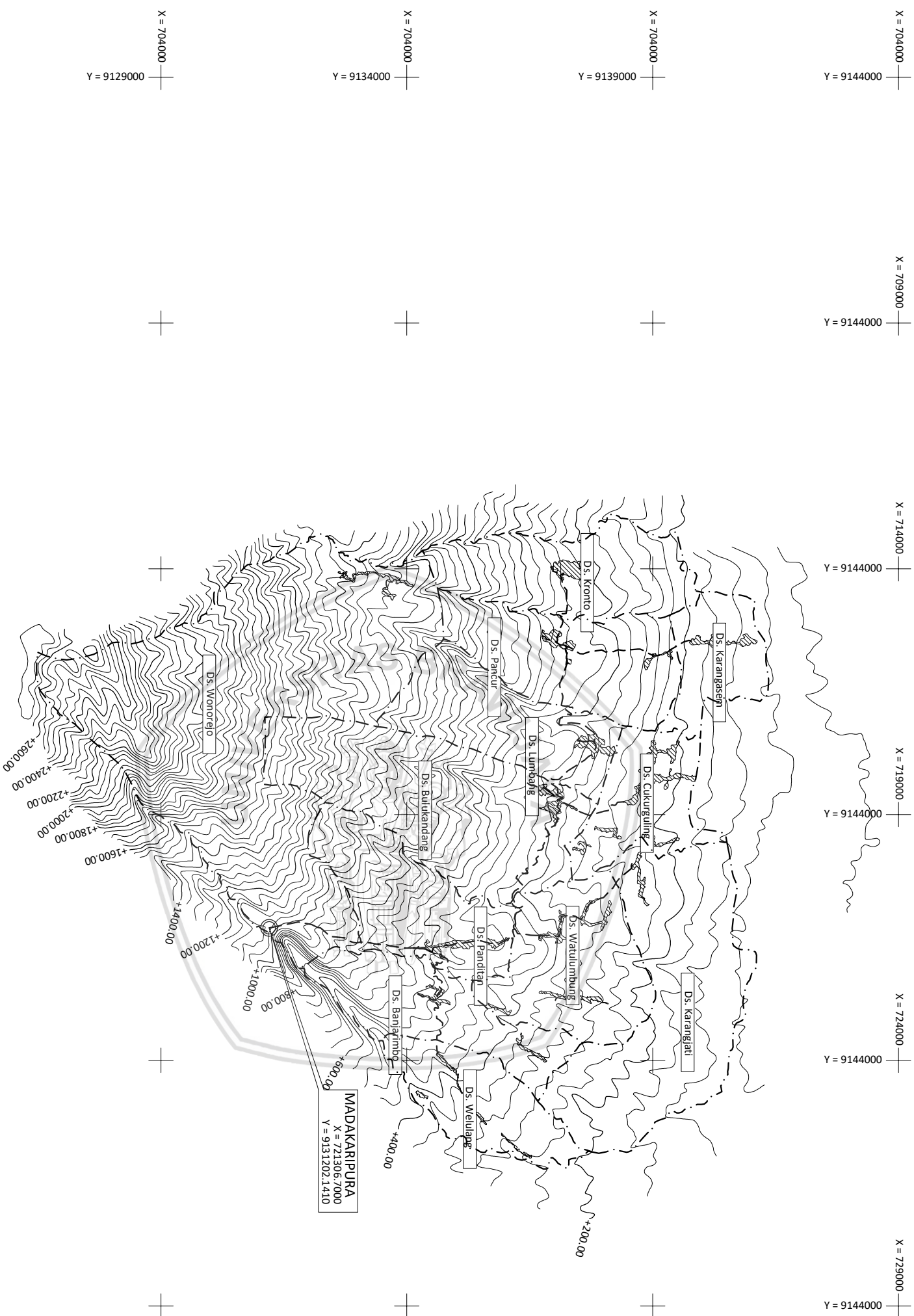
Gambar 2.14 Tampilan Pemodelan pada WaterGEMS V8i
Sumber : Bentley



Gambar 2.15 Kotak Data Teknis Tiap-Tiap Node pada WaterGEMS V8i
Sumber : Bentley

4. Perhitungan dan analisa sistem jaringan distribusi air bersih

Setelah jaringan tergambar dan semua komponen tertera sesuai dengan yang diinginkan, maka untuk menganalisis sistem jaringan tersebut dilakukanlah *running (calculating)*.



repository.ub.ac.id

UNIVERSITAS
BRAWIJAYA



: Sumber Air (Madakaripura)

: Batas Desa

: Garis Kontur

: Grid

: Perumahan

: Jalur Ripo

PETA TOPOGRAFI KECAMATAN LUMBANG
KABUPATEN PASURUAN, JAWA TIMUR
SKALA 1:100.000

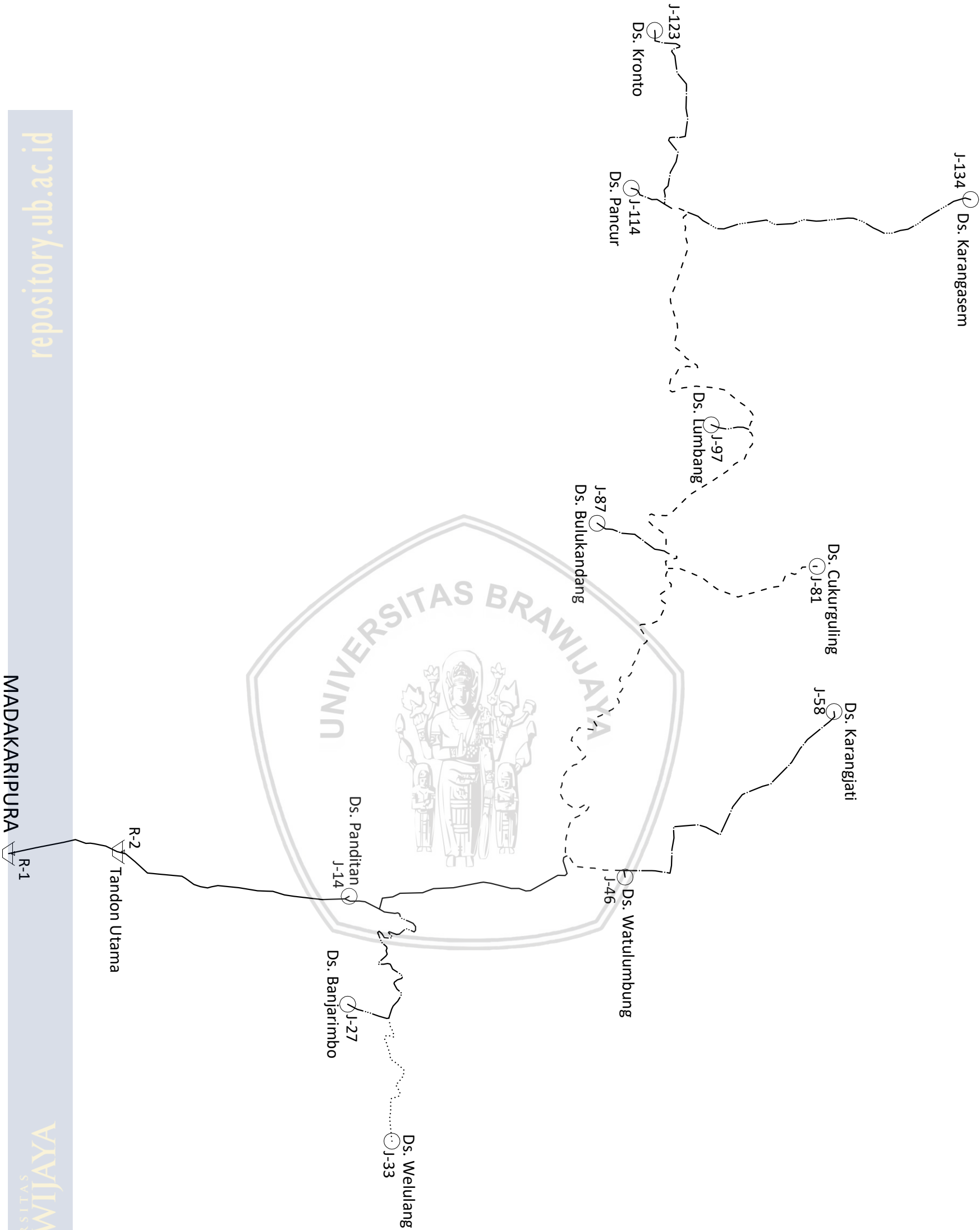
Gambar 3.4 Peta Topografi Kecamatan Lumbang










Halaman Ini Sengaja Dikosongkan



Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

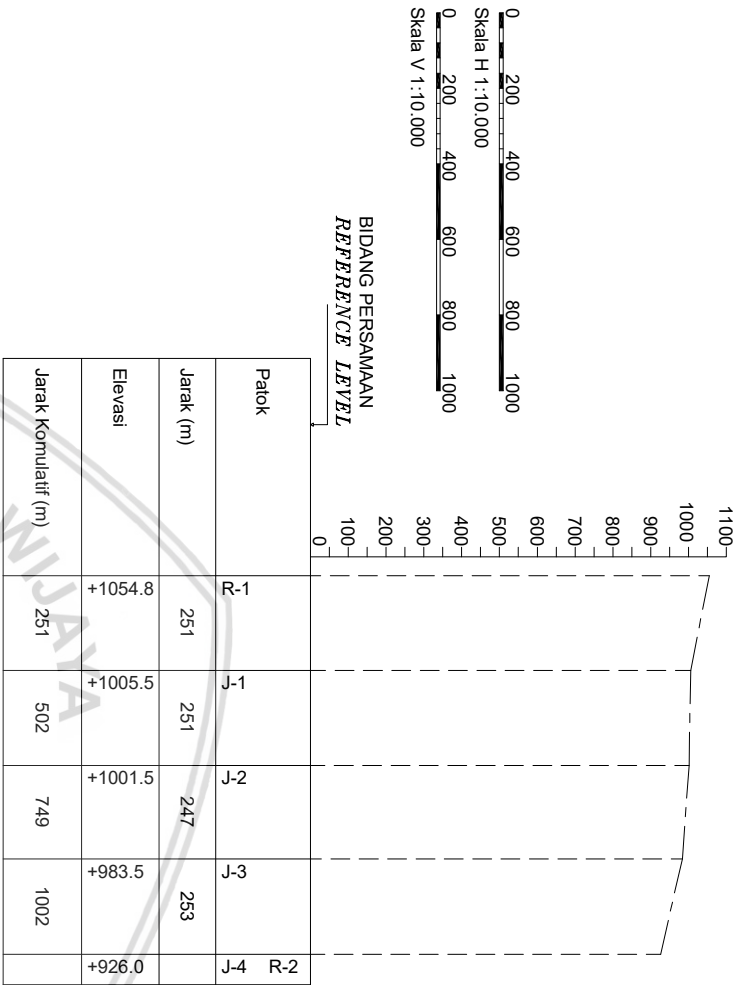


LEGENDA :

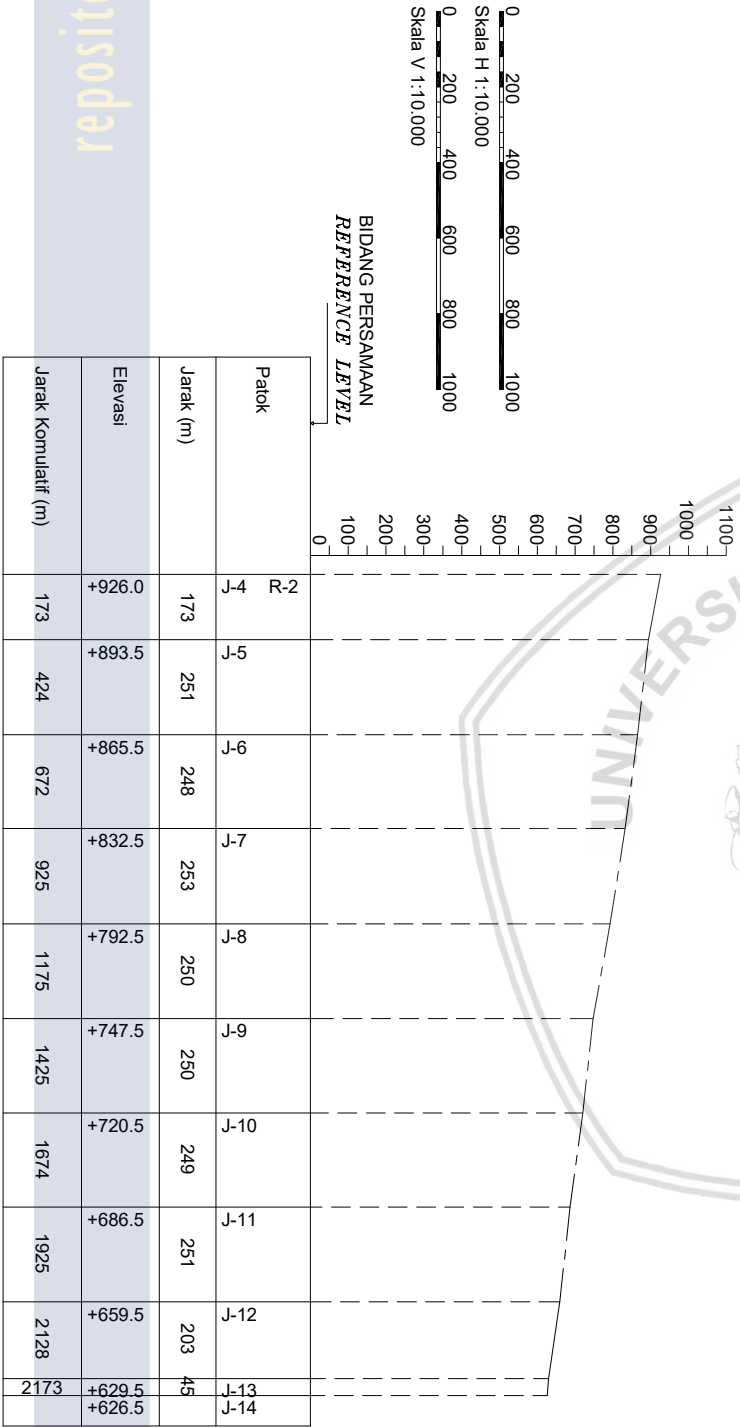
-  : Junction
-  : Pipa dengan diameter 10"
-  : Pipa dengan diameter 8"
-  : Pipa dengan diameter 6"
-  : Pipa dengan diameter 5"
-  : Pipa dengan diameter 4"
-  : Pipa dengan diameter 3"

Gambar 4.2 Peta Situasi Rencana Jaringan Distribusi Air Bersih Kecamatan Lumbang





Profil Memanjang Pipa Madakaripura - Tandon Utama

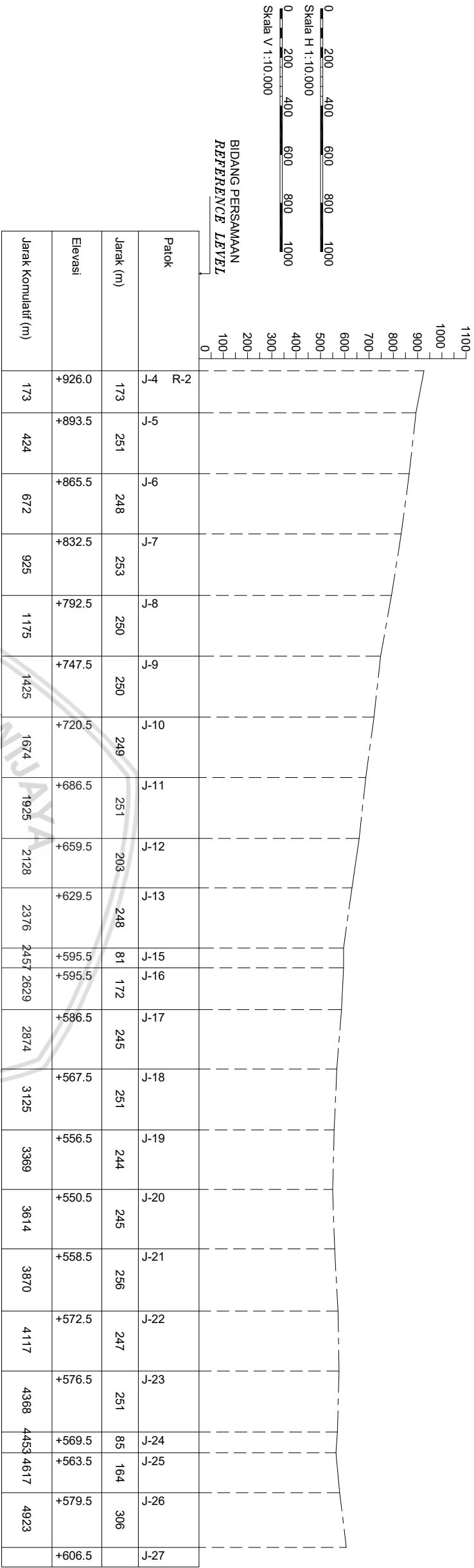


Profil Memanjang Pipa Tandon Utama - Ds. Panditan

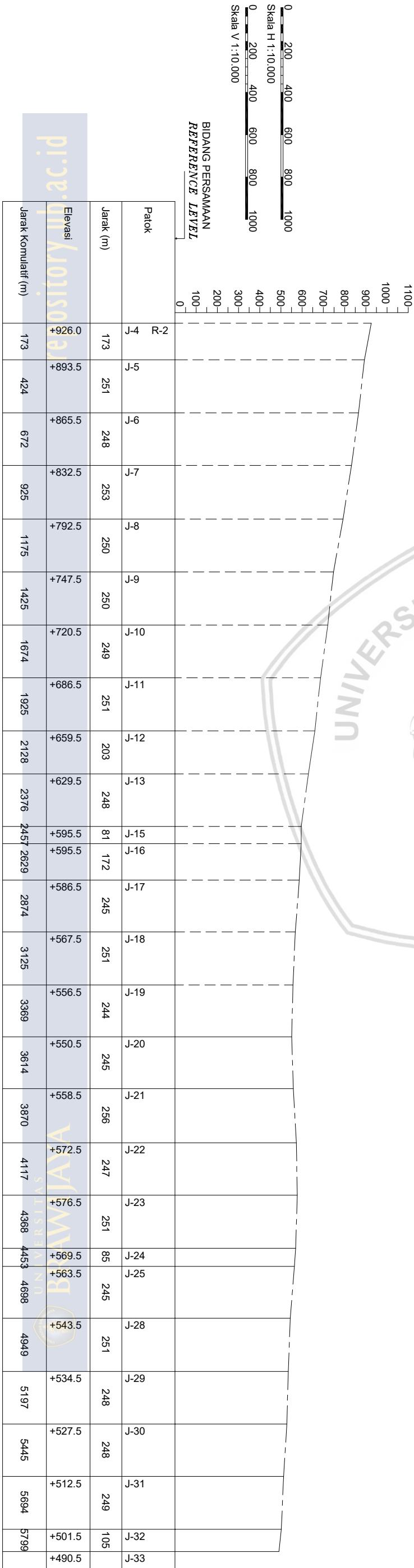
Gambar 4.3 Profil Memanjang Pipa Madakaripura - Tandon Utama dan Tandon Utama - Desa Panditan



Halaman Ini Sengaja Dikosongkan



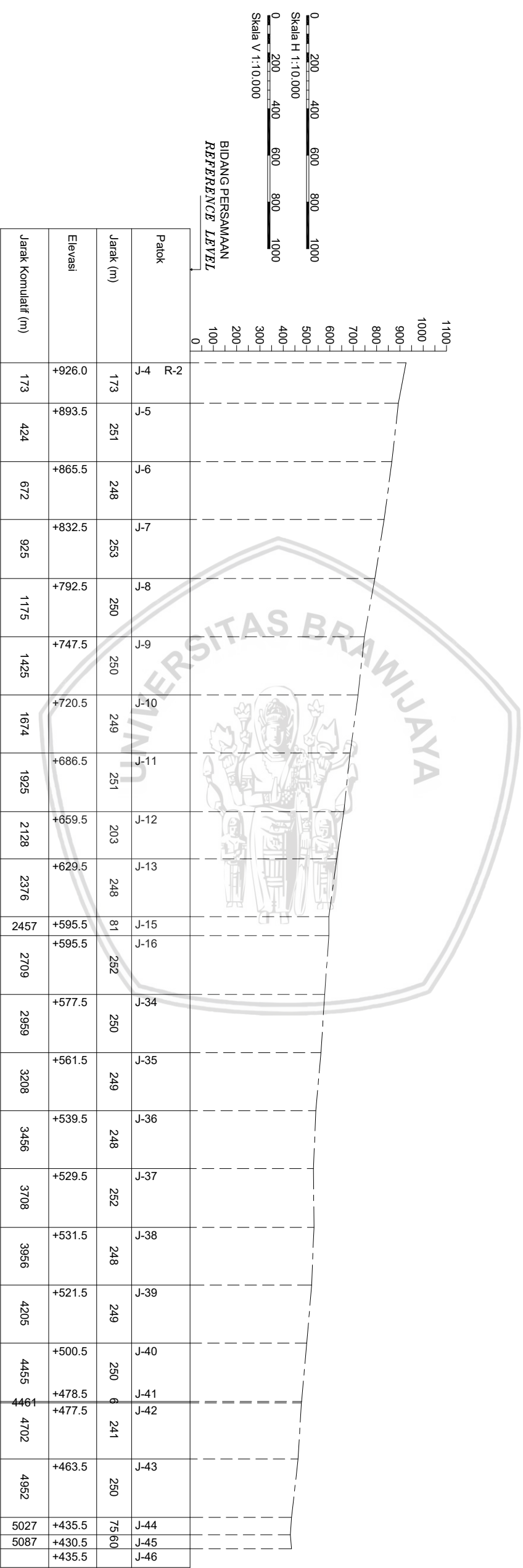
Profil Memanjang Pipa Tandon Utama - Ds. Banjarimbo



Profil Memanjang Pipa Tandon Utama - Ds. Welulang

Gambar 4.4 Profil Memanjang Pipa Tandon Utama - Desa Banjarimbo dan Tandon Utama - Desa Welulang





Profil Memanjang Pipa Tandon Utama - Ds. Watulumbung

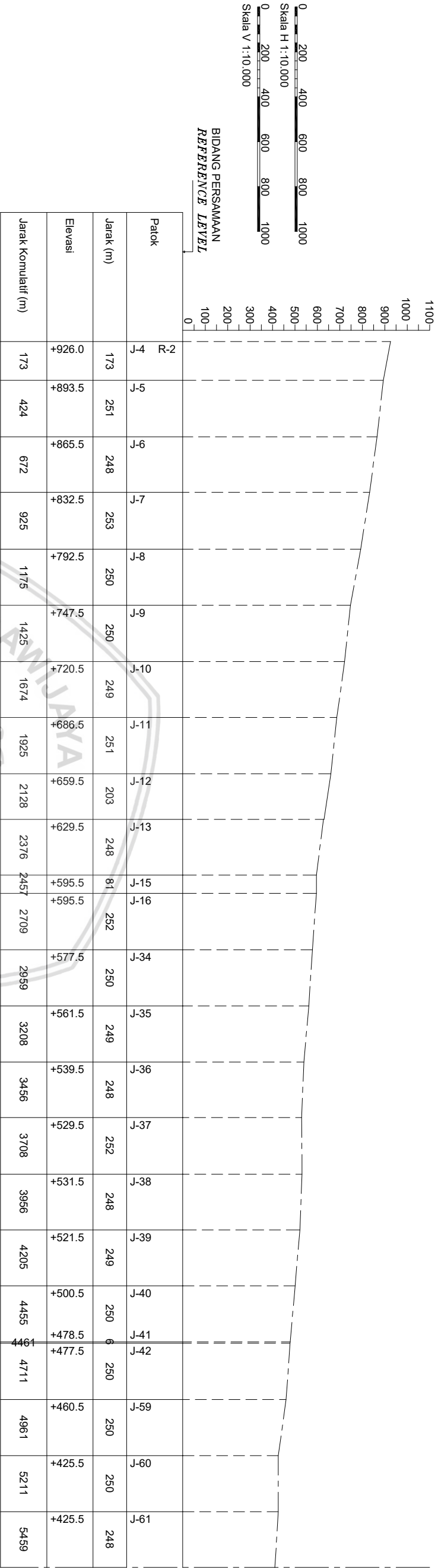
Gambar 4.5 Profil Memanjang Pipa Tandon Utama - Desa Watulumbung



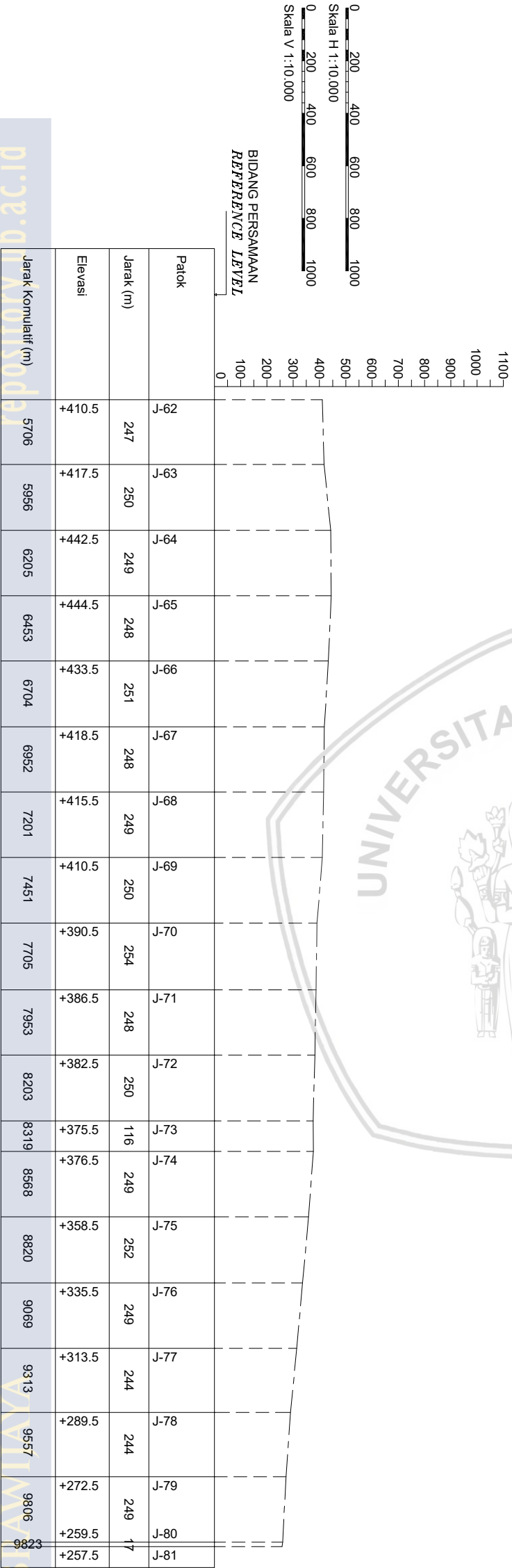
Halaman Ini Sengaja Dikosongkan



Halaman Ini Sengaja Dikosongkan



Profil Memanjang Pipa Tandon Utama - Ds. Cukurguling (01)

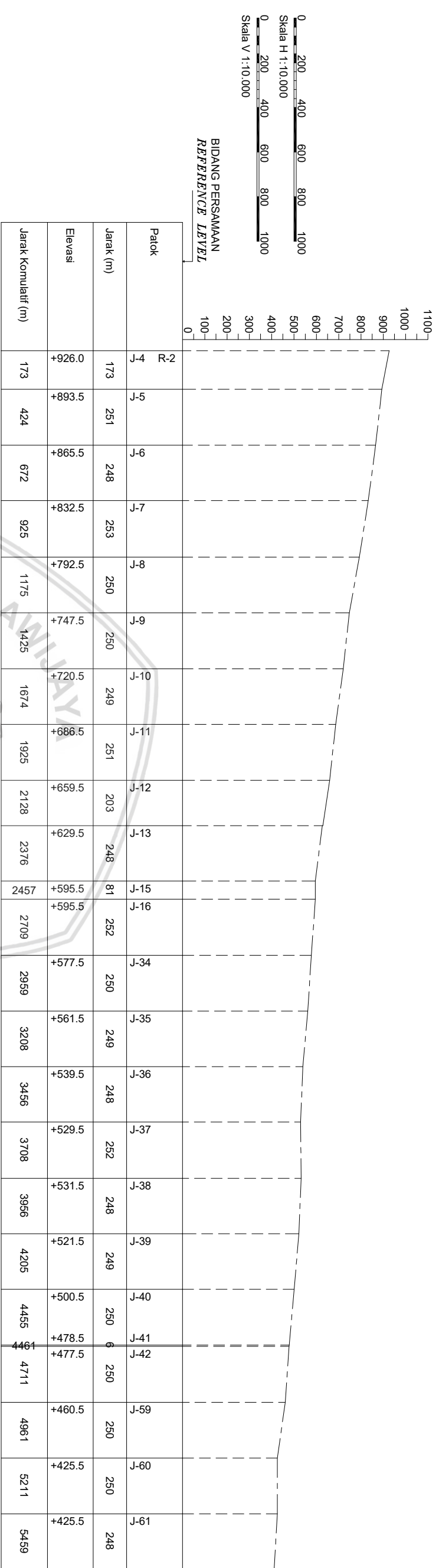


Profil Memanjang Pipa Tandon Utama - Ds. Cukurguling (02)

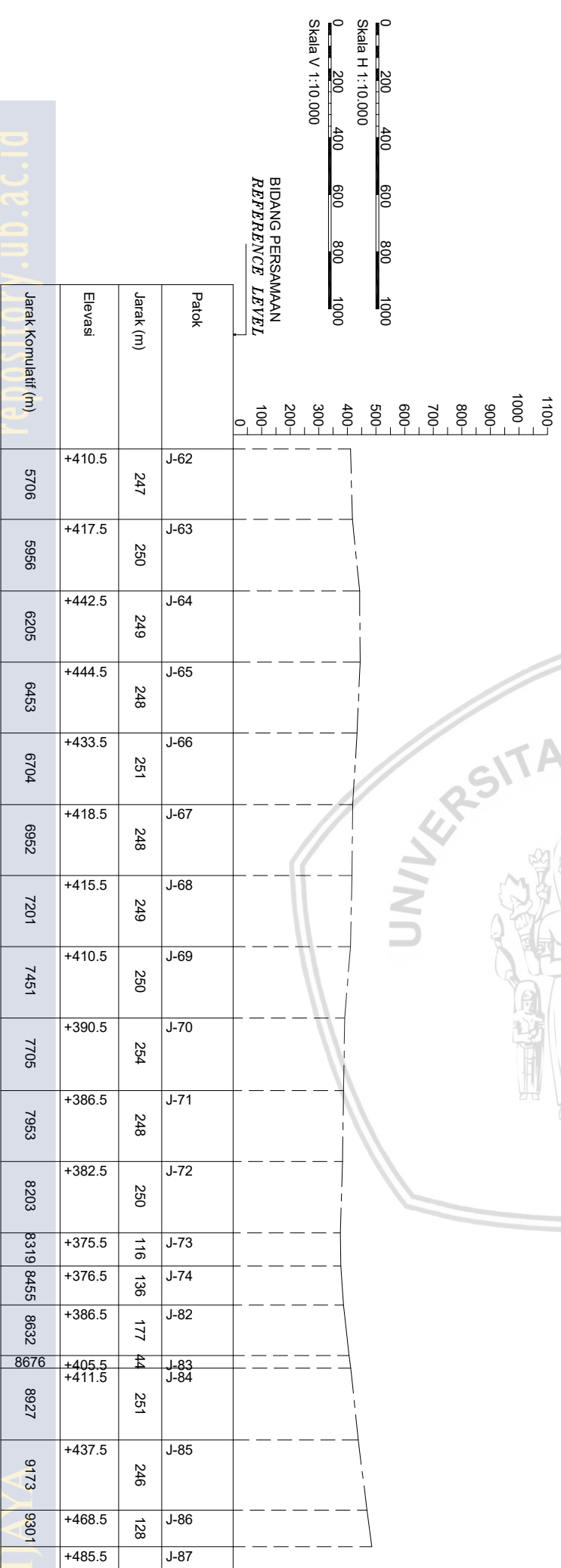
Gambar 4.7 Profil Memanjang Pipa Tandon Utama - Desa Cukurguling



Halaman Ini Sengaja Dikosongkan



Profil Memanjang Pipa Tandon Utama - Ds. Bulukandang (01)

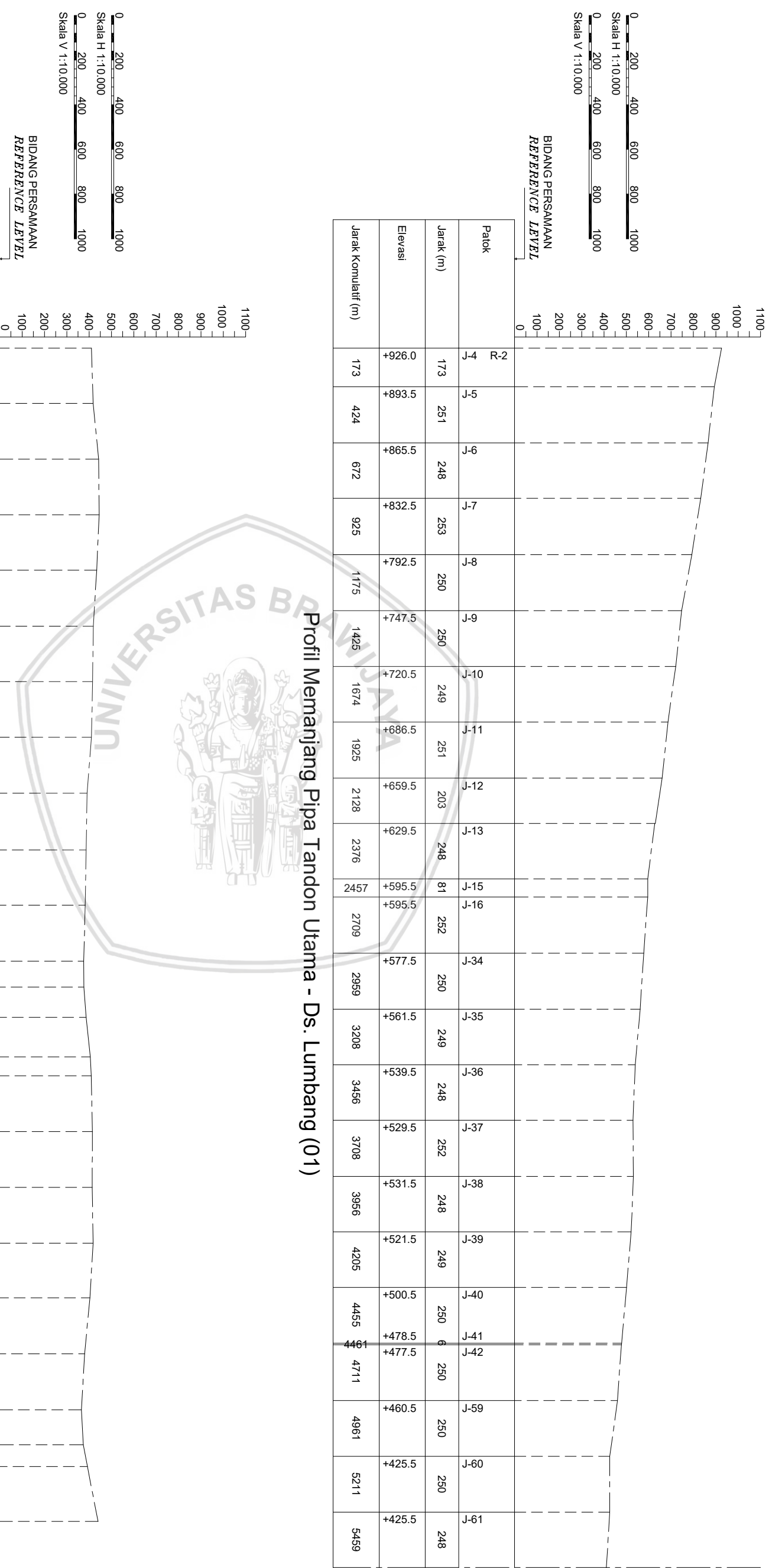


Profil Memanjang Pipa Tandon Utama - Ds. Bulukandang (02)

Gambar 4.8 Profil Memanjang Pipa Tandon Utama - Desa Bulukandang



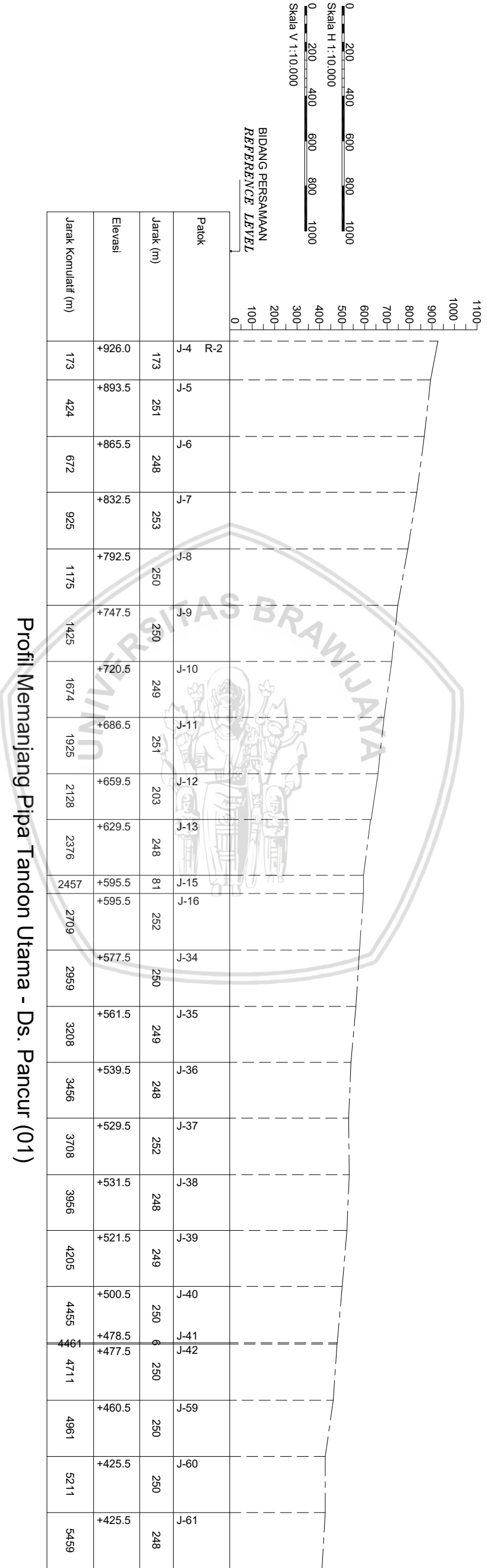
Halaman Ini Sengaja Dikosongkan



Profil Memanjang Pipa Tandon Utama - Ds. Lumbang (01)

Gambar 4.9 Profil Memanjang Pipa Tandon Utama - Desa Lumbang



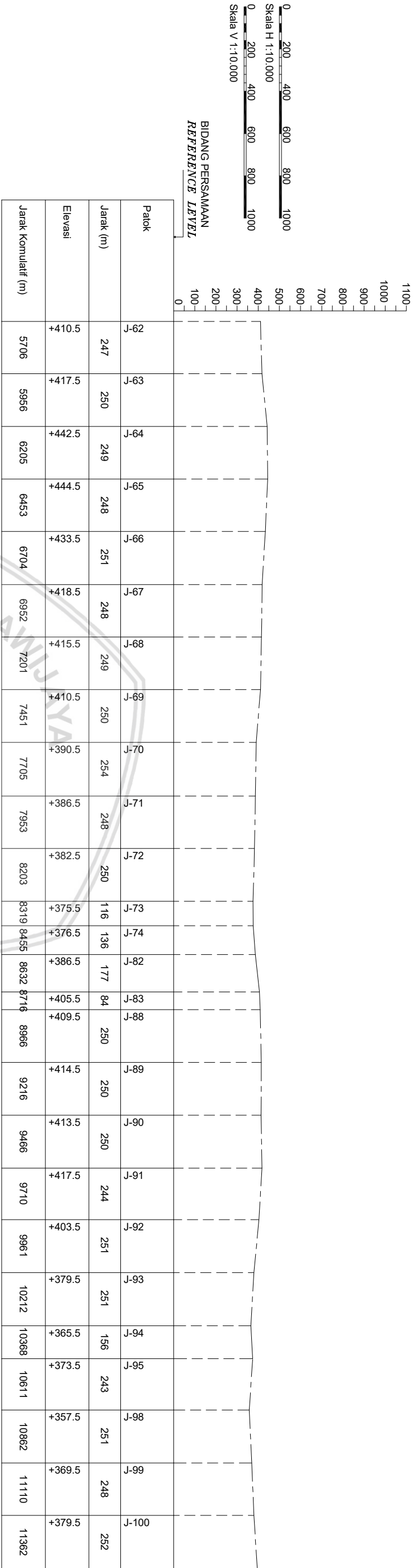


Profil Memanjang Pipa Tandon Utama - Ds. Pancur (01)

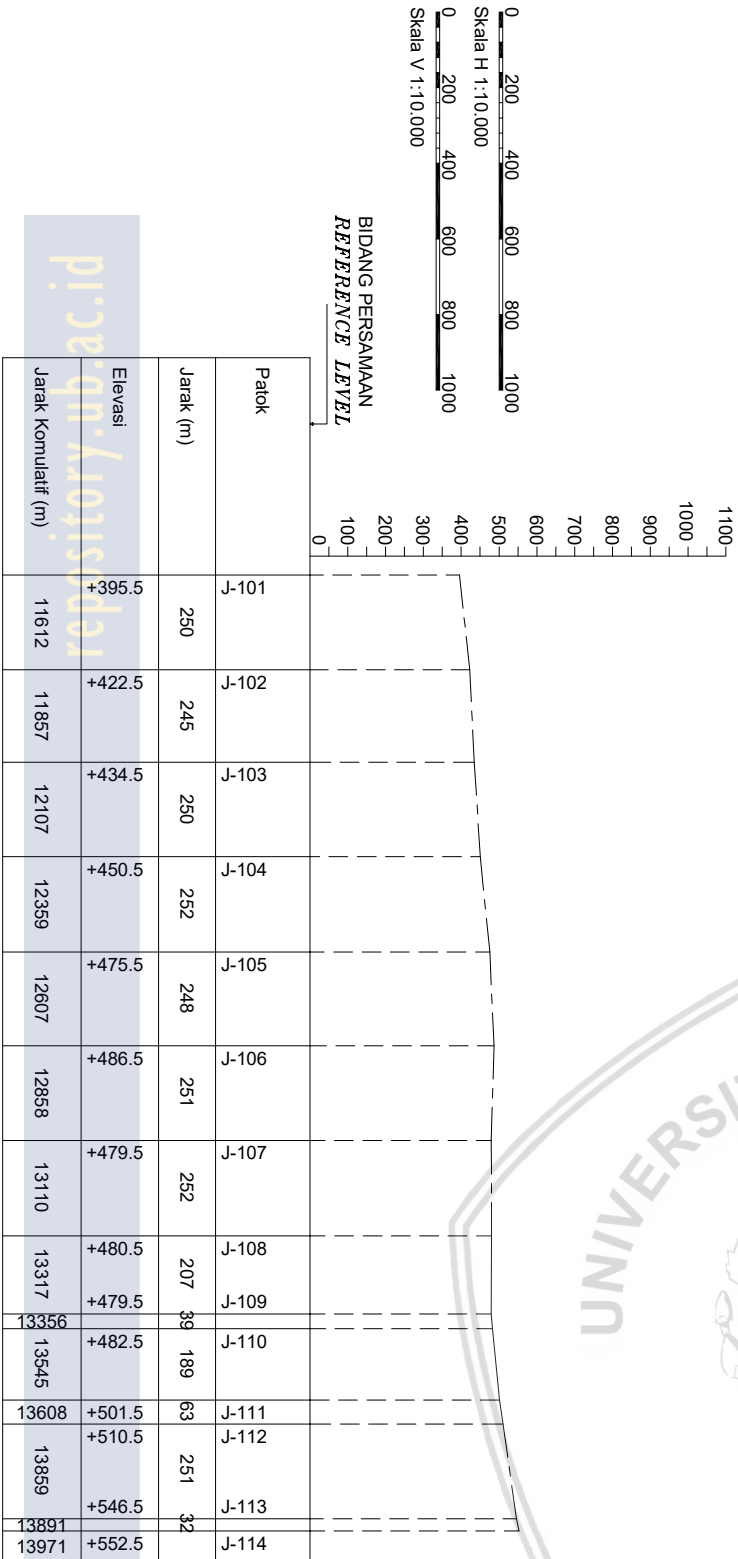
Gambar 4.10 Profil Memanjang Pipa Tandon Utama - Desa Pancur Bagian (01)



Halaman Ini Sengaja Dikosongkan



Profil Memanjang Pipa Tandon Utama - Ds. Pancur (02)

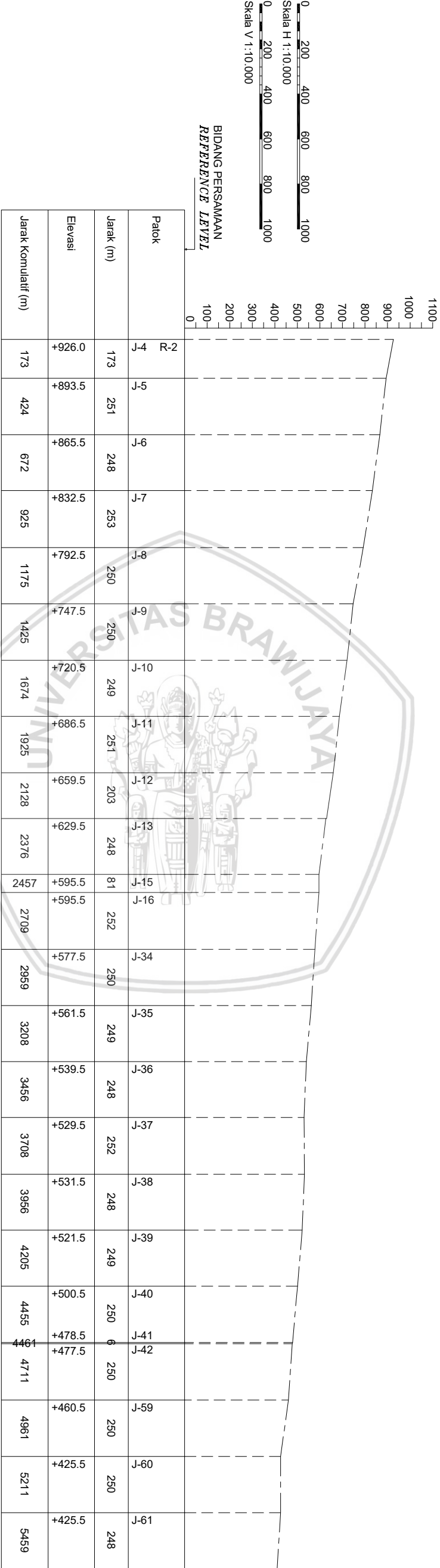


Profil Memanjang Pipa Tandon Utama - Ds. Pancur (03)

Gambar 4.11 Profil Memanjang Pipa Tandon Utama - Desa Pancur Bagian (02) dan (03)



Halaman Ini Sengaja Dikosongkan



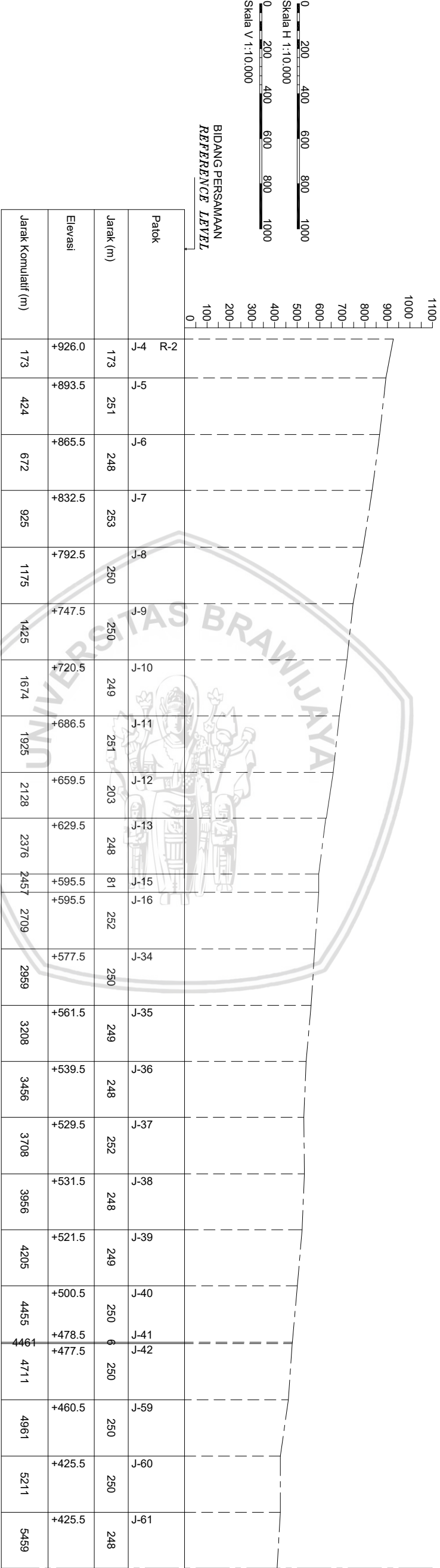
Profil Memanjang Pipa Tandon Utama - Ds. Kronto (01)

Gambar 4.12 Profil Memanjang Pipa Tandon Utama - Desa Kronto Bagian (01)



Halaman Ini Sengaja Dikosongkan



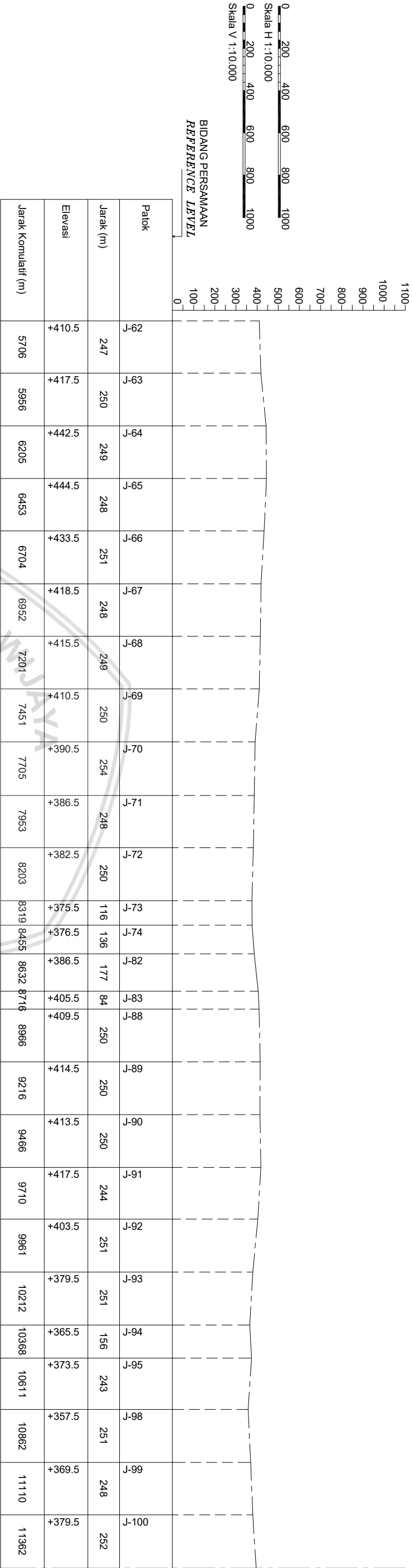


Profil Memanjang Pipa Tandon Utama - Ds. Karangasem (01)

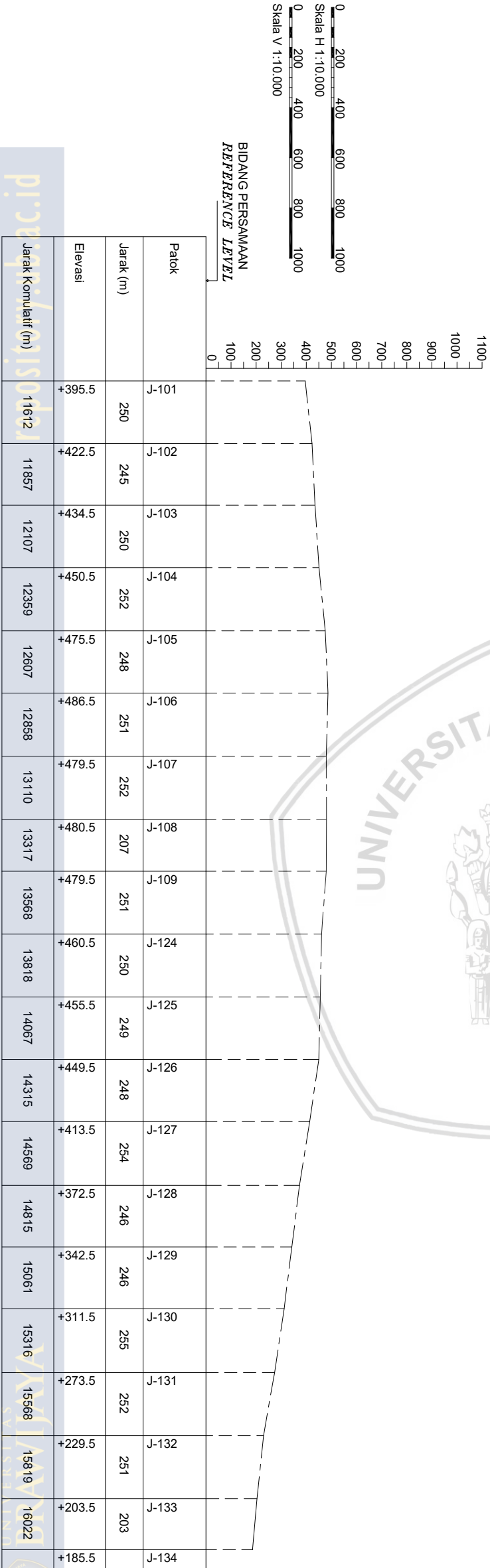
Gambar 4.14 Profil Memanjang Pipa Tandon Utama - Desa Karangasem Bagian (01)



Halaman Ini Sengaja Dikosongkan



Profil Memanjang Pipa Tandon Utama - Ds. Karangasem (02)



Profil Memanjang Pipa Tandon Utama - Ds. Karangasem (03)

Gambar 4.15 Profil Memanjang Pipa Tandon Utama - Desa Karangasem Bagian (02) dan (03)



Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Umum

Dalam bab ini akan dibahas mengenai perhitungan-perhitungan yang akan dilakukan guna mengkaji studi perencanaan sistem jaringan air bersih di Kecamatan Lumbang, Kabupaten Pasuruan. Perhitungan pertama yang dilakukan adalah menghitung jumlah proyeksi penduduk dari tahun 2016 s/d tahun 2035. Dengan demikian akan diketahui jumlah penduduk sampai tahun 2035 serta analisa kemampuan pelayanan, dan perhitungan kebutuhan air bersih, termasuk kebutuhan rata-rata, kebutuhan air maksimum maupun kebutuhan air bersih pada jam puncak.

Simulasi dengan program *WaterGEMS V8i* dapat dilaksanakan setelah semua data telah selesai dimasukkan dan model telah selesai dibuat. Hasil dari setiap simulasi yang dilakukan dapat dievaluasi baik dari segi hidrolis. Apabila terdapat beberapa masalah dalam sistem tersebut maka perubahan komponen-komponen sistem tersebut perlu dilakukan hingga didapatkan hasil yang sesuai dengan kriteria perencanaan.

4.2. Proyeksi Pertumbuhan Penduduk

Perhitungan proyeksi penduduk dapat dilakukan dengan tiga metode, yaitu metode geometrik, metode aritmatik dan metode eksponensial. Setelah diketahui hasil perhitungan masing-masing metode, maka selanjutnya menghitung uji kesesuaian proyeksi dengan metode standar deviasi. Penentuan metode proyeksi penduduk yang dipilih berdasarkan nilai standar deviasi yang terkecil.

Dalam Permen PU Tentang Penyelenggaraan Pengembangan SPAM No.18/PRT/M2007, proyeksi penduduk dilakukan dalam jangka waktu 15-20 tahun kedepan. Perhitungan proyeksi penduduk pada studi ini dilakukan sampai 20 tahun kedepan mulai dari tahun 2016 sampai dengan tahun 2035. Jumlah penduduk setiap desa di Kecamatan Lumbang dapat dilihat pada Tabel 4.1, sedangkan contoh prosentasi laju pertumbuhan penduduk dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.1

Jumlah Penduduk per Desa di Kecamatan Lumbang, Kabupaten Pasuruan

No.	Desa	Jumlah Penduduk Tahun					
		2010	2011	2012	2013	2014	2015
1	Kronto	3862	3843	3801	3824	3813	3802
2	Pancur	2784	2791	2777	2802	2802	2803
3	Karangasem	1675	1679	1671	1686	1685	1685
4	Cukurguling	5707	5720	5705	5763	5769	5774
5	Lumbang	3010	2995	2982	2999	2989	2979
6	Bulukandang	2906	2913	2928	2969	2983	2998
7	Karangjati	3069	3089	3118	3175	3204	3233
8	Watulumbung	2915	2927	2948	2995	3015	3035
9	Panditan	2605	2618	2638	2682	2702	2722
10	Banjarimbo	1413	1416	1424	1444	1451	1458
11	Welulang	1121	1123	1127	1142	1146	1150
	Jumlah	31067	31114	31119	31481	31559	31639

Sumber : Kecamatan Lumbang dalam Angka

Tabel 4.2

Contoh Prosentasi Laju Pertumbuhan Penduduk Desa Panditan pada Tahun 2010-2015

Tahun	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Pertambahan Penduduk	
		Jiwa	%
2010	2605		
2011	2618	13	0,50
2012	2638	20	0,76
2013	2682	44	1,67
2014	2702	20	0,75
2015	2722	20	0,74
	Jumlah	117	4,42
	Rata-rata	23,4	0,88

Sumber : Hasil Perhitungan

4.2.1. Proyeksi Penduduk Metode Geometrik

Perhitungan proyeksi pertumbuhan penduduk dengan menggunakan metode geometrik dihitung berdasarkan persamaan (2-1) dan Tabel 4.2. Contoh perhitungan pertumbuhan penduduk Desa Panditan tahun 2035 :

P_o = 2722 jiwa (Tahun 2015)

n = 20 (proyeksi tahun ke-n)

r = 0,88 % (rata-rata tingkat pertumbuhan penduduk)

Maka perhitungan proyeksi jumlah penduduk untuk tahun 2035 adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 P_n &= P_o (1 + r)^n \\
 &= 2722 (1 + 0,88\%)^{20} \\
 &= 3245 \text{ jiwa}
 \end{aligned}$$

Hasil proyeksi jumlah penduduk tiap desa di Kecamatan Lumbang (kecuali Desa Wonorejo), Kabupaten Pasuruan dengan cara perhitungan yang sama pada masing-masing desa hingga tahun 2035 disajikan pada Tabel 4.3.

4.2.2. Proyeksi Penduduk Metode Aritmatik

Perhitungan proyeksi pertumbuhan penduduk dengan menggunakan metode Aritmatik dihitung berdasarkan persamaan (2-2) dan Tabel 4.2. Contoh perhitungan pertumbuhan penduduk Desa Panditan tahun 2025 :

$$P_0 = 2722 \text{ jiwa (Tahun 2015)}$$

$$n = 20 \text{ (proyeksi tahun ke-n)}$$

$$r = 0,88 \text{ (rata-rata tingkat pertumbuhan penduduk)}$$

Perhitungan proyeksi jumlah penduduk untuk tahun 2035 sebagai berikut :

$$P_n = P_0 (1 + r \cdot n)$$

$$= 2722 (1 + 0,88\% \cdot 20)$$

$$= 3203 \text{ jiwa}$$

Hasil proyeksi jumlah penduduk tiap desa di Kecamatan Lumbang (kecuali Desa Wonorejo), Kabupaten Pasuruan dengan cara perhitungan yang sama pada masing-masing desa hingga tahun 2035 disajikan pada Tabel 4.4.

4.2.3. Proyeksi Penduduk Metode Eksponensial

Perhitungan proyeksi pertumbuhan penduduk dengan menggunakan metode eksponensial dihitung berdasarkan persamaan (2-3) dan Tabel 4.2. Contoh perhitungan pertumbuhan penduduk Desa Panditan tahun 2025 :

$$P_0 = 2722 \text{ jiwa (Tahun 2015)}$$

$$n = 20 \text{ (proyeksi tahun ke-n)}$$

$$r = 0,88 \text{ (rata-rata tingkat pertumbuhan penduduk)}$$

Perhitungan proyeksi jumlah penduduk untuk tahun 2035 sebagai berikut :

$$P_n = P_0 \cdot e^{r \cdot n}$$

$$= 2722 \cdot 2.7182818^{(0,88\% \cdot 20)}$$

$$= 3248 \text{ jiwa}$$

Hasil proyeksi jumlah penduduk tiap desa di Kecamatan Lumbang (kecuali Desa Wonorejo), Kabupaten Pasuruan dengan cara perhitungan yang sama pada masing-masing desa hingga tahun 2035 disajikan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.3
Proyeksi Pertumbuhan Penduduk dengan metode Geometrik

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
No.	Tahun	Kronto	Pancur	Karangasem	Cukurguling	Lumbang	Bulukandang	Karangjati	Watulumbung	Panditan	Banjarimbo	Welulang
1	2015	3802	2803	1685	5774	2979	2998	3233	3035	2722	1458	1150
2	2016	3825	2807	1687	5788	2996	3017	3267	3060	2746	1467	1156
3	2017	3848	2811	1689	5801	3013	3036	3301	3084	2770	1476	1162
4	2018	3871	2815	1691	5815	3030	3055	3336	3109	2795	1486	1168
5	2019	3895	2818	1693	5828	3048	3074	3371	3135	2819	1495	1174
6	2020	3918	2822	1695	5842	3065	3093	3406	3160	2844	1504	1180
7	2021	3942	2826	1697	5856	3082	3112	3442	3186	2869	1514	1186
8	2022	3966	2830	1699	5869	3100	3132	3478	3212	2895	1524	1192
9	2023	3990	2834	1701	5883	3118	3151	3514	3238	2920	1533	1198
10	2024	4014	2838	1703	5897	3135	3171	3551	3264	2946	1543	1204
11	2025	4038	2842	1705	5911	3153	3191	3588	3290	2972	1552	1210
12	2026	4063	2846	1707	5925	3171	3211	3626	3317	2998	1562	1217
13	2027	4087	2849	1709	5939	3189	3231	3664	3344	3025	1572	1223
14	2028	4112	2853	1712	5953	3207	3251	3702	3371	3052	1582	1229
15	2029	4137	2857	1714	5967	3226	3272	3741	3398	3079	1592	1235
16	2030	4162	2861	1716	5981	3244	3292	3780	3426	3106	1602	1242
17	2031	4187	2865	1718	5995	3263	3313	3820	3454	3133	1612	1248
18	2032	4213	2869	1720	6009	3281	3334	3860	3482	3161	1622	1255
19	2033	4238	2873	1722	6023	3300	3354	3900	3510	3189	1632	1261
20	2034	4264	2877	1724	6037	3319	3375	3941	3538	3217	1643	1267
21	2035	4290	2881	1726	6051	3338	3397	3982	3567	3245	1653	1274

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.4

Proyeksi Pertumbuhan Penduduk dengan metode Aritmatik

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
No.	Tahun	Kronto	Pancur	Karangasem	Cukurguling	Lumbang	Bulukandang	Karangjati	Watulumbung	Panditan	Banjarimbo	Wehulang
1	2015	3802	2803	1685	5774	2979	2998	3233	3035	2722	1458	1150
2	2016	3825	2807	1687	5788	2996	3017	3267	3060	2746	1467	1156
3	2017	3848	2811	1689	5801	3013	3036	3301	3084	2770	1476	1162
4	2018	3871	2815	1691	5815	3030	3054	3335	3109	2794	1486	1168
5	2019	3894	2818	1693	5828	3047	3073	3368	3133	2818	1495	1174
6	2020	3917	2822	1695	5842	3064	3092	3402	3158	2842	1504	1179
7	2021	3940	2826	1697	5855	3081	3111	3436	3183	2866	1513	1185
8	2022	3963	2830	1699	5869	3098	3129	3470	3207	2890	1522	1191
9	2023	3986	2834	1701	5882	3115	3148	3504	3232	2914	1531	1197
10	2024	4009	2838	1703	5896	3132	3167	3538	3257	2938	1541	1203
11	2025	4032	2841	1705	5909	3149	3186	3572	3281	2962	1550	1209
12	2026	4055	2845	1707	5923	3166	3204	3605	3306	2986	1559	1215
13	2027	4078	2849	1709	5937	3183	3223	3639	3330	3011	1568	1221
14	2028	4101	2853	1711	5950	3200	3242	3673	3355	3035	1577	1227
15	2029	4124	2857	1713	5964	3217	3261	3707	3380	3059	1587	1233
16	2030	4147	2861	1715	5977	3234	3280	3741	3404	3083	1596	1238
17	2031	4170	2865	1717	5991	3251	3298	3775	3429	3107	1605	1244
18	2032	4193	2868	1719	6004	3268	3317	3809	3453	3131	1614	1250
19	2033	4216	2872	1721	6018	3285	3336	3843	3478	3155	1623	1256
20	2034	4239	2876	1723	6031	3302	3355	3876	3503	3179	1632	1262
21	2035	4262	2880	1725	6045	3319	3373	3910	3527	3203	1642	1268

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.5

Proyeksi Pertumbuhan Penduduk dengan metode Eksponensial

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
No.	Tahun	Kronto	Pancur	Karangasem	Cukurguling	Lumbang	Bulukandang	Karangjati	Watulumbung	Panditan	Banjarimbo	Welulang
1	2015	3802	2803	1685	5774	2979	2998	3233	3035	2722	1458	1150
2	2016	3825	2807	1687	5788	2996	3017	3267	3060	2746	1467	1156
3	2017	3848	2811	1689	5801	3013	3036	3301	3085	2771	1476	1162
4	2018	3872	2815	1691	5815	3030	3055	3336	3110	2795	1486	1168
5	2019	3895	2818	1693	5828	3048	3074	3371	3135	2820	1495	1174
6	2020	3919	2822	1695	5842	3065	3093	3407	3161	2845	1505	1180
7	2021	3943	2826	1697	5856	3083	3113	3443	3186	2870	1514	1186
8	2022	3967	2830	1699	5870	3100	3132	3479	3212	2896	1524	1192
9	2023	3991	2834	1701	5883	3118	3152	3516	3238	2921	1533	1198
10	2024	4015	2838	1703	5897	3136	3172	3553	3265	2947	1543	1204
11	2025	4039	2842	1705	5911	3154	3192	3590	3291	2973	1553	1211
12	2026	4064	2846	1707	5925	3172	3212	3628	3318	3000	1563	1217
13	2027	4088	2850	1709	5939	3190	3232	3666	3345	3026	1572	1223
14	2028	4113	2853	1712	5953	3208	3252	3705	3372	3053	1582	1229
15	2029	4138	2857	1714	5967	3227	3273	3744	3400	3080	1592	1236
16	2030	4163	2861	1716	5981	3245	3293	3783	3428	3108	1602	1242
17	2031	4189	2865	1718	5995	3264	3314	3823	3455	3135	1613	1248
18	2032	4214	2869	1720	6009	3282	3335	3863	3484	3163	1623	1255
19	2033	4240	2873	1722	6023	3301	3356	3904	3512	3191	1633	1261
20	2034	4265	2877	1724	6037	3320	3377	3945	3541	3219	1643	1268
21	2035	4291	2881	1726	6051	3339	3398	3986	3569	3248	1654	1274

Sumber : Hasil Perhitungan

4.2.4. Uji Kesesuaian Metode Proyeksi

Pemilihan metode proyeksi penduduk berdasarkan cara pengujian statistik menggunakan nilai standar deviasi yang terkecil. Berikut hasil perhitungan nilai standar deviasi dari contoh perhitungan Desa Panditan.

Tabel 4.6

Tabel Perhitungan Standar Deviasi Desa Panditan

Metode	Geometrik	Aritmatik	Eksponensial
Standar Deviasi	162,380	149,196	163,161
Koefisien Korelasi (r)	0,988300665	0,988094	0,988301472

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan perhitungan standar deviasi pada Tabel 4.3, diketahui metode proyeksi Aritmatik mempunyai nilai standar deviasi yang terkecil. Metode proyeksi dengan nilai standar deviasi terkecil akan dipilih sebagai proyeksi jumlah penduduk untuk perencanaan pengembangan sistem jaringan air bersih. Maka metode proyeksi Aritmatik ini akan digunakan sebagai metode untuk proyeksi jumlah penduduk pada masing-masing Desa.

4.3. Proyeksi Kebutuhan Air Bersih

Perhitungan proyeksi kebutuhan air bersih di Kecamatan Lumbang, Kabupaten Pasuruan sebagai berikut :

a. Kebutuhan Domestik dan Non Domestik

Macam kebutuhan air bersih terdiri dari dua macam yaitu, kebutuhan domestik dan non domestik. Berdasarkan beberapa faktor dari letak geografis maupun kondisi sosial ekonominya desa-desa di Kecamatan Lumbang termasuk dalam golongan Desa Kecil dengan jumlah penduduk berkisar antara 3.000 - 10.000, maka diasumsikan jumlah kebutuhan air bersih sebesar 60 liter/orang/hari. Sedangkan kebutuhan non domestik ditujukan untuk berbagai fasilitas umum, berdasarkan Permen PU Tentang Penyelenggaraan Pengembangan SPAM tingkat pelayanan air untuk kebutuhan non domestik sebesar 15% dari kebutuhan domestik.

b. Fluktuasi Kebutuhan Air

Besarnya pemakaian air pada daerah studi berbeda pada setiap jamnya, hal ini dikarenakan terjadinya fluktuasi pada setiap jam yang dipengaruhi oleh pemakaian/faktor beban konsumen.

c. Kehilangan Air

Kehilangan air merupakan besar air yang hilang selama proses pendistribusian air. Berdasarkan Permen PU Tentang Penyelenggaraan Pengembangan SPAM kehilangan air karena faktor teknis maksimal sebesar 15% dan faktor nonteknis mendekati nol.

Berikut ini adalah contoh perhitungan proyeksi kebutuhan air bersih di Desa Panditan tahun 2035 dengan kehilangan air sebesar 15%.

1. Proyeksi penduduk pada tahun 2035 sebesar 3203 jiwa

2. Kebutuhan air 60 liter/orang/hari

3. Kebutuhan air domestik

$$= \text{jumlah penduduk} \times \text{kebutuhan per orang}$$

$$= 3203 \times 60$$

$$= 192174,18 \text{ liter/hari}$$

$$= 2,22 \text{ liter/detik}$$

4. Kebutuhan air non domestik

$$= 15\% \times \text{kebutuhan air domestik}$$

$$= 15\% \times 2,22$$

$$= 0,33 \text{ liter/detik}$$

5. Kebutuhan air rata-rata

$$= \text{total kebutuhan air} \times \text{kehilangan air}$$

$$= (Q_{\text{domestik}} + Q_{\text{non domestik}}) + \text{kehilangan air}$$

$$= (2,22 + 0,33) + (15\% \times \text{total kebutuhan air})$$

$$= 2,55 + (15\% \times 2,55)$$

$$= 2,94 \text{ liter/detik}$$

6. Kebutuhan air maksimum

$$= 1,15 \times \text{kebutuhan air rata-rata}$$

$$= 1,15 \times 2,94$$

$$= 3,38 \text{ liter/detik}$$

7. Kebutuhan jam puncak

$$= 1,55 \times \text{kebutuhan air rata-rata}$$

$$= 1,55 \times 2,94$$

$$= 4,59 \text{ liter/detik}$$

Selanjutnya perhitungan kebutuhan air masing-masing desa tiap jangka waktu 5 tahun ditabelkan sebagai berikut :

Tabel 4.7
Perhitungan Kebutuhan Air Bersih Desa Kronto

No.	Uraian	Satuan	Tahun			
			2020	2025	2030	2035
1	Jumlah Penduduk	jiwa	3918	4032	4147	4262
2	Kebutuhan air per orang per hari	liter/orang/hari	60	60	60	60
3	Kebutuhan air domestik	liter/hari	235105,85	241923,63	248825,45	255727,26
		liter/detik	2,72	2,80	2,88	2,96
4	Kebutuhan air non domestik (15% dari kebutuhan air domestik)	liter/detik	0,41	0,42	0,43	0,44
5	Kebutuhan air rata-rata (kebocoran 15%)	liter/detik	3,60	3,70	3,81	3,91
6	Kebutuhan air maksimum (1,15 x kebutuhan air rata-rata)	liter/detik	4,14	4,26	4,38	4,50
7	Kebutuhan air pada jam puncak (1,56 x kebutuhan air rata-rata)	liter/detik	5,61	5,78	5,94	6,11

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.8
Perhitungan Kebutuhan Air Bersih Desa Pancur

No.	Uraian	Satuan	Tahun			
			2020	2025	2030	2035
1	Jumlah Penduduk	jiwa	2822	2841	2861	4262
2	Kebutuhan air per orang per hari	liter/orang/hari	60	60	60	60
3	Kebutuhan air domestik	liter/hari	169333,32	170486,64	171639,96	255727,26
		liter/detik	1,96	1,97	1,99	2,96
4	Kebutuhan air non domestik (15% dari kebutuhan air domestik)	liter/detik	0,29	0,30	0,30	0,44
5	Kebutuhan air rata-rata (kebocoran 15%)	liter/detik	2,59	2,61	2,63	3,91
6	Kebutuhan air maksimum (1,15 x kebutuhan air rata-rata)	liter/detik	2,98	3,00	3,02	4,50
7	Kebutuhan air pada jam puncak (1,56 x kebutuhan air rata-rata)	liter/detik	4,04	4,07	4,10	6,11

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.9
Perhitungan Kebutuhan Air Bersih Desa Karangasem

No.	Uraian	Satuan	Tahun			
			2020	2025	2030	2035
1	Jumlah Penduduk	jiwa	1695	1705	1715	1725
2	Kebutuhan air per orang per hari	liter/orang/hari	60	60	60	60
3	Kebutuhan air domestik	liter/hari	101707,29	102314,59	102921,88	103529,17
		liter/detik	1,18	1,18	1,19	1,20
4	Kebutuhan air non domestik (15% dari kebutuhan air domestik)	liter/detik	0,18	0,18	0,18	0,18
5	Kebutuhan air rata-rata (kebocoran 15%)	liter/detik	1,56	1,57	1,58	1,58
6	Kebutuhan air maksimum (1,15 x kebutuhan air rata-rata)	liter/detik	1,79	1,80	1,81	1,82
7	Kebutuhan air pada jam puncak (1,56 x kebutuhan air rata-rata)	liter/detik	2,43	2,44	2,46	2,47

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.10
Perhitungan Kebutuhan Air Bersih Desa Cukurguling

No.	Uraian	Satuan	Tahun			
			2020	2025	2030	2035
1	Jumlah Penduduk	jiwa	5842	5909	5977	6045
2	Kebutuhan air per orang per hari	liter/orang/hari	60	60	60	60
3	Kebutuhan air domestik	liter/hari	350503,70	354567,39	358631,09	362694,79
		liter/detik	4,06	4,10	4,15	4,20
4	Kebutuhan air non domestik (15% dari kebutuhan air domestik)	liter/detik	0,61	0,62	0,62	0,63
5	Kebutuhan air rata-rata (kebocoran 15%)	liter/detik	5,37	5,43	5,49	5,55
6	Kebutuhan air maksimum (1,15 x kebutuhan air rata-rata)	liter/detik	6,17	6,24	6,31	6,38
7	Kebutuhan air pada jam puncak (1,56 x kebutuhan air rata-rata)	liter/detik	8,37	8,47	8,56	8,66

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.11
Perhitungan Kebutuhan Air Bersih Desa Lumbang

No.	Uraian	Satuan	Tahun			
			2020	2025	2030	2035
1	Jumlah Penduduk	jiwa	3064	3149	3234	3319
2	Kebutuhan air per orang per hari	liter/orang/hari	60	60	60	60
3	Kebutuhan air domestik	liter/hari	183834,87	188929,74	194024,61	199119,48
		liter/detik	2,13	2,19	2,25	2,30
4	Kebutuhan air non domestik (15% dari kebutuhan air domestik)	liter/detik	0,32	0,33	0,34	0,35
5	Kebutuhan air rata-rata (kebocoran 15%)	liter/detik	2,81	2,89	2,97	3,05
6	Kebutuhan air maksimum (1,15 x kebutuhan air rata-rata)	liter/detik	3,24	3,33	3,42	3,51
7	Kebutuhan air pada jam puncak (1,56 x kebutuhan air rata-rata)	liter/detik	4,39	4,51	4,63	4,75

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.12
Perhitungan Kebutuhan Air Bersih Desa Bulukandang

No.	Uraian	Satuan	Tahun			
			2020	2025	2030	2035
1	Jumlah Penduduk	jiwa	3092	3186	3280	3373
2	Kebutuhan air per orang per hari	liter/orang/hari	60	60	60	60
3	Kebutuhan air domestik	liter/hari	185511,10	191142,20	196773,30	202404,40
		liter/detik	2,15	2,21	2,28	2,34
4	Kebutuhan air non domestik (15% dari kebutuhan air domestik)	liter/detik	0,32	0,33	0,34	0,35
5	Kebutuhan air rata-rata (kebocoran 15%)	liter/detik	2,84	2,93	3,01	3,10
6	Kebutuhan air maksimum (1,15 x kebutuhan air rata-rata)	liter/detik	3,27	3,36	3,46	3,56
7	Kebutuhan air pada jam puncak (1,56 x kebutuhan air rata-rata)	liter/detik	4,43	4,56	4,70	4,83

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.13
Perhitungan Kebutuhan Air Bersih Desa Karangjati

No.	Uraian	Satuan	Tahun			
			2020	2025	2030	2035
1	Jumlah Penduduk	jiwa	3402	3572	3741	3910
2	Kebutuhan air per orang per hari	liter/orang/hari	60	60	60	60
3	Kebutuhan air domestik	liter/hari	204138,91	214297,82	224456,74	234615,65
		liter/detik	2,36	2,48	2,60	2,72
4	Kebutuhan air non domestik (15% dari kebutuhan air domestik)	liter/detik	0,35	0,37	0,39	0,41
5	Kebutuhan air rata-rata (kebocoran 15%)	liter/detik	3,12	3,28	3,44	3,59
6	Kebutuhan air maksimum (1,15 x kebutuhan air rata-rata)	liter/detik	3,59	3,77	3,95	4,13
7	Kebutuhan air pada jam puncak (1,56 x kebutuhan air rata-rata)	liter/detik	4,87	5,12	5,36	5,60

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.14

Perhitungan Kebutuhan Air Bersih Desa Watulumbung

No.	Uraian	Satuan	Tahun			
			2020	2025	2030	2035
1	Jumlah Penduduk	jiwa	3158	3281	3083	3527
2	Kebutuhan air per orang per hari	liter/orang/hari	60	60	60	60
3	Kebutuhan air domestik	liter/hari	189483,34	196866,68	184960,64	211633,36
		liter/detik	2,19	2,28	2,14	2,45
4	Kebutuhan air non domestik (15% dari kebutuhan air domestik)	liter/detik	0,33	0,34	0,32	0,37
5	Kebutuhan air rata-rata (kebocoran 15%)	liter/detik	2,90	3,01	2,83	3,24
6	Kebutuhan air maksimum (1,15 x kebutuhan air rata-rata)	liter/detik	3,34	3,47	3,26	3,73
7	Kebutuhan air pada jam puncak (1,56 x kebutuhan air rata-rata)	liter/detik	4,52	4,70	4,42	5,05

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.15

Perhitungan Kebutuhan Air Bersih Desa Panditan

No.	Uraian	Satuan	Tahun			
			2020	2025	2030	2035
1	Jumlah Penduduk	jiwa	2842	2962	3083	3203
2	Kebutuhan air per orang per hari	liter/orang/hari	60	60	60	60
3	Kebutuhan air domestik	liter/hari	170533,55	177747,09	184960,64	192174,18
		liter/detik	1,97	2,06	2,14	2,22
4	Kebutuhan air non domestik (15% dari kebutuhan air domestik)	liter/detik	0,30	0,31	0,32	0,33
5	Kebutuhan air rata-rata (kebocoran 15%)	liter/detik	2,61	2,72	2,83	2,94
6	Kebutuhan air maksimum (1,15 x kebutuhan air rata-rata)	liter/detik	3,00	3,13	3,26	3,38
7	Kebutuhan air pada jam puncak (1,56 x kebutuhan air rata-rata)	liter/detik	4,07	4,24	4,42	4,59

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.16

Perhitungan Kebutuhan Air Bersih Desa Banjarimbo

No.	Uraian	Satuan	Tahun			
			2020	2025	2030	2035
1	Jumlah Penduduk	jiwa	1504	1550	1596	1642
2	Kebutuhan air per orang per hari	liter/orang/hari	60	60	60	60
3	Kebutuhan air domestik	liter/hari	90234,72	92989,44	95744,16	98498,88
		liter/detik	1,04	1,08	1,11	1,14
4	Kebutuhan air non domestik (15% dari kebutuhan air domestik)	liter/detik	0,16	0,16	0,17	0,17
5	Kebutuhan air rata-rata (kebocoran 15%)	liter/detik	1,38	1,42	1,47	1,51
6	Kebutuhan air maksimum (1,15 x kebutuhan air rata-rata)	liter/detik	1,59	1,64	1,69	1,73
7	Kebutuhan air pada jam puncak (1,56 x kebutuhan air rata-rata)	liter/detik	2,15	2,22	2,29	2,35

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.17

Perhitungan Kebutuhan Air Bersih Desa Welulang

No.	Uraian	Satuan	Tahun			
			2020	2025	2030	2035
1	Jumlah Penduduk	jiwa	1179	1209	1238	1268
2	Kebutuhan air per orang per hari	liter/orang/hari	60	60	60	60
3	Kebutuhan air domestik	liter/hari	70769,761	72539,522	74309,283	76079,044
		liter/detik	0,82	0,84	0,86	0,88
4	Kebutuhan air non domestik (15% dari kebutuhan air domestik)	liter/detik	0,12	0,13	0,13	0,13
5	Kebutuhan air rata-rata (kebocoran 15%)	liter/detik	1,08	1,11	1,14	1,16
6	Kebutuhan air maksimum (1,15 x kebutuhan air rata-rata)	liter/detik	1,25	1,28	1,31	1,34
7	Kebutuhan air pada jam puncak (1,56 x kebutuhan air rata-rata)	liter/detik	1,69	1,73	1,77	1,82

Sumber : Hasil Perhitungan

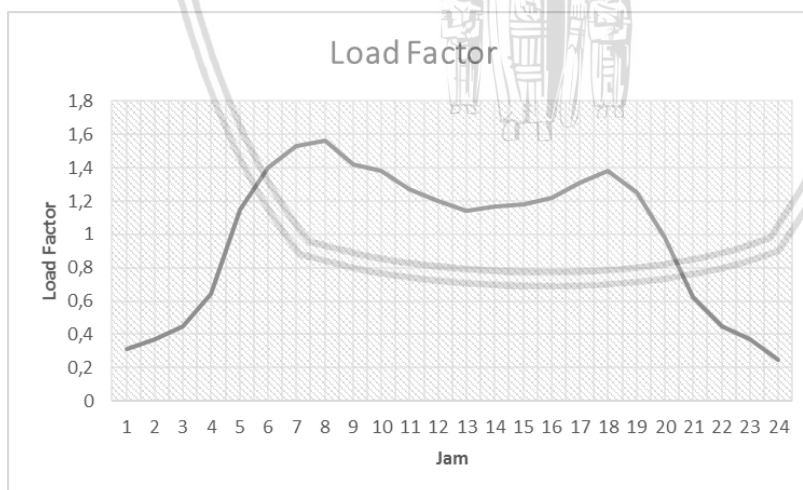
Berdasarkan dari hasil perhitungan kebutuhan air yang telah dilakukan, didapatkan total debit yang dibutuhkan untuk memenuhi tandon di kecamatan Lumbang (kecuali Desa Wonorejo) sampai tahun 2035 sebesar 33,56 liter/detik. Dengan debit sumber air yang tersedia 85 liter/detik (hasil pengukuran saat musim kemarau/debit minimum tahun 2016) maka skenario pelayanan dalam simulasi program dapat terpenuhi.

4.4. Perhitungan Fluktuasi Kebutuhan Air Bersih

Fungsi dari suatu sistem jaringan distribusi air bersih adalah untuk menyediakan besarnya kebutuhan bagi konsumen dengan tekanan yang cukup pada berbagai kondisi permintaan. Kondisi permintaan pada studi ini didefinisikan sebagai fluktuasi dari kebutuhan harian di suatu titik simpul yang diakibatkan oleh suatu urutan corak perubahan kebutuhan sepanjang hari, kebutuhan puncak harian dan adanya kebutuhan krisis ketika terjadi kerusakan pada pipa.

Kriteria dan asumsi yang dipakai untuk mengevaluasi adanya variasi debit pembebanan di setiap titik simpul pada studi ini adalah sebagai berikut :

- a. Corak variasi kebutuhan air bersih harian yang terjadi pada titik simpul dihitung dengan metode pendekatan penelitian corak fluktuasi kebutuhan air bersih harian yang dilakukan oleh Ditjen Cipta Karya Departemen PU (Anonim, 1994,p.24) seperti yang disajikan pada *Gambar 4.1*.



Gambar 4.1 Fluktuasi Pemakaian Air Harian

Sumber : Ditjen Cipta Karya Departemen PU, (1994,p.24)

Dari kurva fluktuasi kebutuhan pemakaian air bersih harian hasil penelitian Ditjen Cipta Karya yang disajikan pada *Gambar 4.1* tersebut dapat diketahui besarnya faktor pengali tiap jam terhadap nilai kebutuhan rerata sistem sebagai berikut :

Tabel 4.18

Factor Pengali (*Load Factor*) Kebutuhan Titik Simpul

Jam	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
LF	0,31	0,37	0,45	0,64	1,15	1,4	1,53	1,56	1,42	1,38	1,27	1,2
Jam	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
LF	1,14	1,17	1,18	1,22	1,31	1,38	1,25	0,98	0,62	0,45	0,37	0,25

Sumber : Ditjen Cipta Karya Departemen PU

- b. Variasi kebutuhan air akibat kebutuhan puncak harian yang terjadi pada titik simpul dengan pendekatan faktor kebutuhan air puncak (*peak factor*) pada sistem distribusi air bersih diasumsikan sudah mewakili dalam corak fluktuasi kebutuhan air bersih harian dengan metode pendekatan hasil penelitian Ditjen Cipta Karya tersebut. Kebutuhan jam puncak harian terjadi pada jam ke-8 dengan peak factor sebesar 1,56 dari kebutuhan rata-rata.

4.5. Perencanaan Sistem Jaringan Distribusi Air Bersih

Dalam perencanaan sebuah sistem jaringan distribusi terdapat beberapa tahapan, diantaranya sebagai berikut.

4.5.1. Perencanaan Jaringan Distribusi

Perencanaan jaringan pipa distribusi air bersih ini direncanakan dengan tidak menggunakan jaringan yang sudah ada atau jaringan eksisting, melainkan pembuatan jaringan awal dari sumber air Madakaripura. Dengan adanya pembuatan jaringan dari awal ini diharapkan dapat memanfaatkan secara optimal kapasitas sumber yang telah tersedia, dan diharapkan mampu melayani kebutuhan penduduk.

Adapun sebagai kriteria perencanaan jaringan pipa pada sistem distribusi air bersih dapat dikatakan memenuhi syarat atau tidak adalah sebagai berikut :

- Kecepatan dalam pipa berkisar antara 0,1 – 2,5 m/dtk
- *Headloss Gradient* berkisar antara 0 – 15 m/km
- Tekanan pada pipa minimal 0,5 atm dan maksimal bergantung pada jenis pipa yang digunakan, dalam studi ini menggunakan Pipa Besi Galvanis yang mampu menahan tekanan hingga 99 bar atau 99,705 atm.

4.5.2. Sistem Pengolahan Data

Awal pengerjaan jaringan distribusi air bersih pada lokasi studi dilakukan dengan melihat kondisi topografi lokasi studi. Dalam hal ini untuk memudahkan dalam hal perletakan *reservoir*, pipa, *junction* dan tandon. Setelah selesai memasukkan *background layers* dilanjutkan memasang titik-titik *reservoir*, pipa, *junction* dan tandon. Dalam daerah

studi perletakan tandon utama berjarak kurang lebih 1000 m dari sumber, karena lokasi berada di elevasi yang cukup tinggi maka perencanaan ini menggunakan gravitasi untuk mengalirkan air (tidak memerlukan menara tendon).

4.5.3. Analisa Perencanaan Jaringan Air Bersih Menggunakan Program *WaterGEMS V8i* pada Perencanaan Jaringan Pipa Tahun 2016

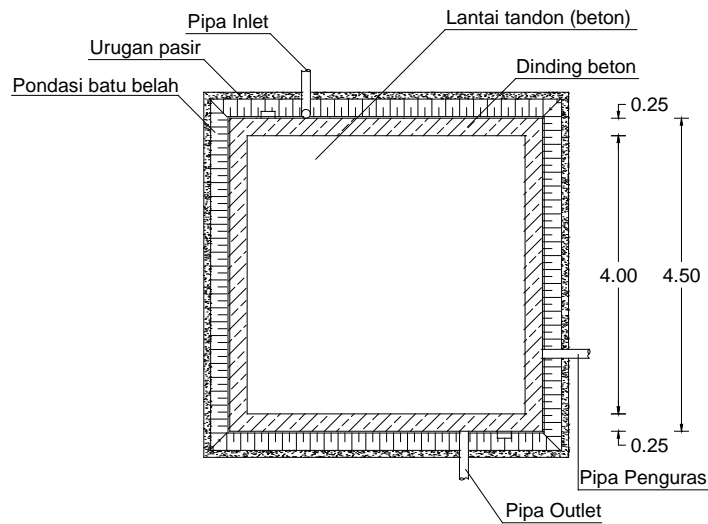
Perencanaan jaringan air bersih di Kecamatan Lumbang merupakan 100% penduduk terlayani, dengan jumlah penduduk 11 Desa di Kecamatan Lumbang sebesar 35154 jiwa dan jalur pipa sepanjang kurang lebih 29.367 m. Untuk Peta Situasi dan Profil Memanjang Jaringan Pipanya dapat dilihat pada *Gambar 4.2 - Gambar 4.15*.

4.5.3.1. Kondisi Aliran pada Pipa

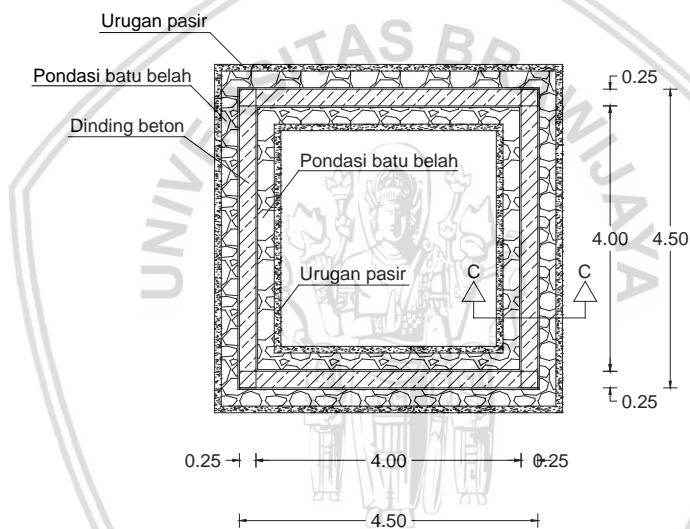
Berdasarkan hasil *running* simulasi dengan program *WaterGEMS V8i* pada pukul 07.00 didapatkan hasil sebagai berikut :

- Kecepatan aliran dalam pipa berkisar antara 0,3 – 1,12 m/s (sesuai yang diijinkan oleh SNI yaitu 0,1 – 2,5 m/s)
- *Headloss Gradient* berkisar antara 0,68 – 7,083 m/km (sesuai yang diijinkan oleh SNI yaitu 0 – 15 m/km)
- Tekanan pada pipa minimal sebesar 3 bars atau 2,961 atm dan maksimal sebesar 66 bars atau 65,137 atm (sesuai yang diijinkan oleh SNI yaitu minimal 0,5 atm dan maksimal bergantung pada jenis pipa, dalam studi ini menggunakan Pipa Besi Galvanis yang mampu menahan tekanan hingga 99 bar atau 99,705 atm).

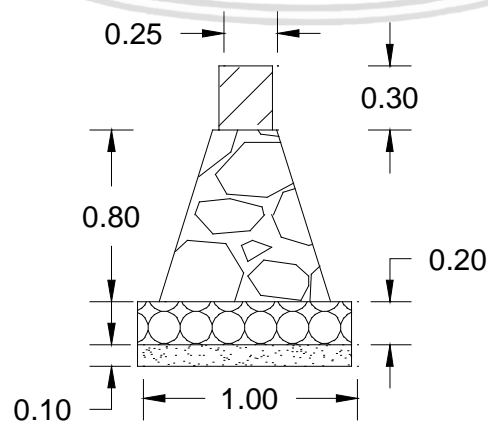
Untuk hasil simulasi yang lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran.



Gambar 4.18 Potongan B - B Tandon Desa Panditan



Gambar 4.19 Denah Pondasi Tandon Desa Panditan



Gambar 4.20 Detail Pondasi/Potongan C - C

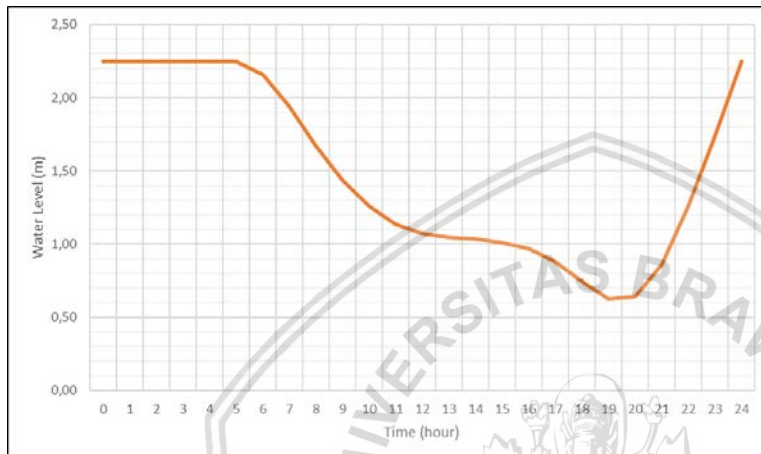
Spesifikasi Tandon dan Grafik Fluktuasi Muka Air dalam tandon dapat dilihat pada beberapa table dan grafik berikut :

Tabel 4.19

Spesifikasi Tandon Desa Panditan

H min (m)	H eff. (m)	Panjang (m)	Lebar (m)	Area (m ²)	H jagaan (m)	H total (m)	Vol. eff. (m ³)	Vol. total (m ³)
0,15	2,25	4	4	16	0,25	2,5	33,6	36

Sumber : Hasil perhitungan



Gambar 4.21 Muka Air Tandon Desa Panditan dalam Waktu 24 Jam

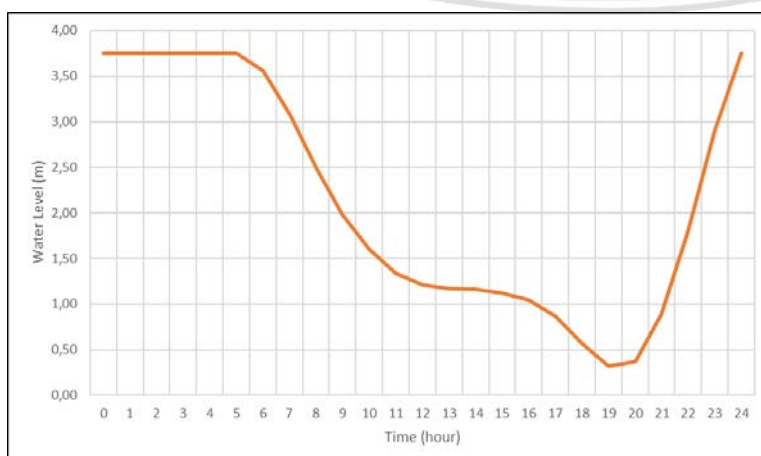
Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 4.20

Spesifikasi Tandon Utama

H min (m)	H eff. (m)	Panjang (m)	Lebar (m)	Area (m ²)	H jagaan (m)	H total (m)	Vol. eff. (m ³)	Vol. total (m ³)
0,15	3,75	9	9	81	0,25	4	291,6	303,75

Sumber : Hasil perhitungan



Gambar 4.22 Muka Air Tandon Utama dalam Waktu 24 Jam

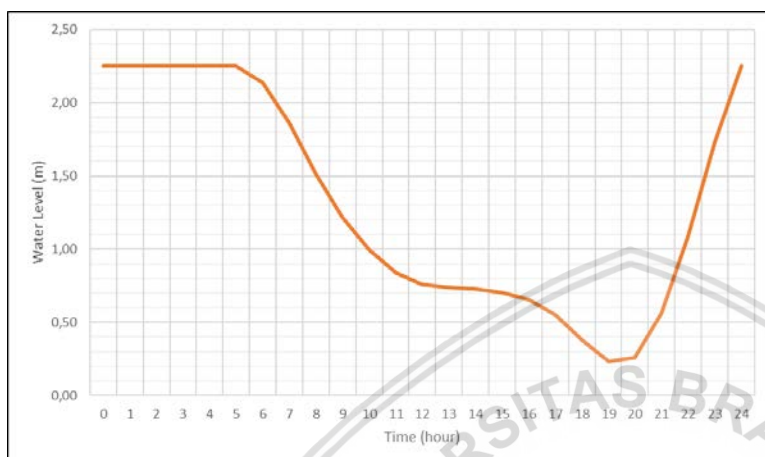
Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 4.21

Spesifikasi Tandon Desa Banjarimbo

H min (m)	H eff. (m)	Panjang (m)	Lebar (m)	Area (m ²)	H jagaan (m)	H total (m)	Vol. eff. (m ³)	Vol. total (m ³)
0,15	2,25	2,5	2,5	6,25	0,25	2,5	13,125	14,063

Sumber : Hasil perhitungan



Gambar 4.23 Muka Air Tandon Desa Banjarimbo dalam Waktu 24 Jam

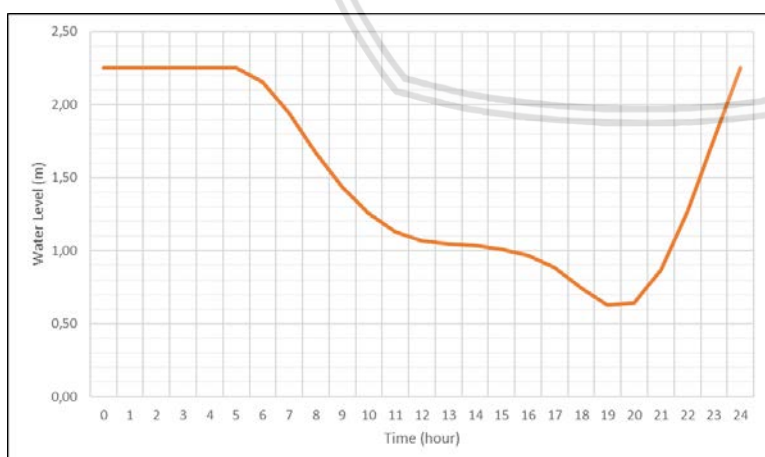
Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 4.22

Spesifikasi Tandon Desa Welulang

H min (m)	H eff. (m)	Panjang (m)	Lebar (m)	Area (m ²)	H jagaan (m)	H total (m)	Vol. eff. (m ³)	Vol. total (m ³)
0,15	2,25	2,5	2,5	6,25	0,25	2,5	13,125	14,063

Sumber : Hasil perhitungan



Gambar 4.24 Muka Air Tandon Desa Welulang dalam Waktu 24 Jam

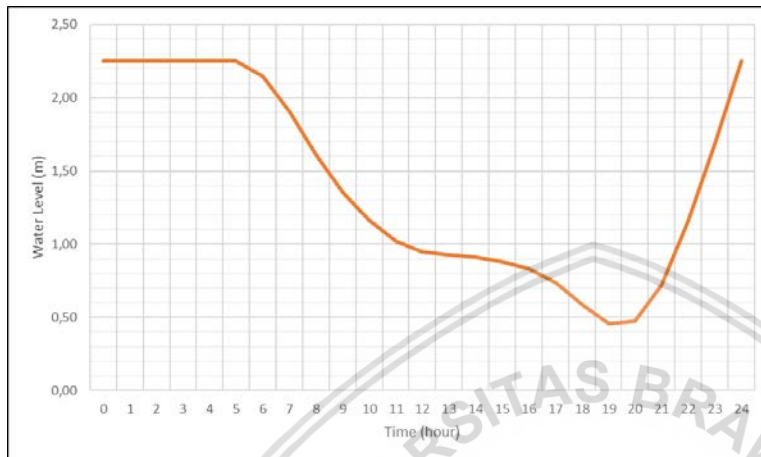
Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 4.23

Spesifikasi Tandon Desa Watulumbung

H min (m)	H eff. (m)	Panjang (m)	Lebar (m)	Area (m ²)	H jagaan (m)	H total (m)	Vol. eff. (m ³)	Vol. total (m ³)
0,15	2,25	4	4	16	0,25	2,5	33,6	36

Sumber : Hasil perhitungan



Gambar 4.25 Muka Air Tandon Desa Watulumbung dalam Waktu 24 Jam

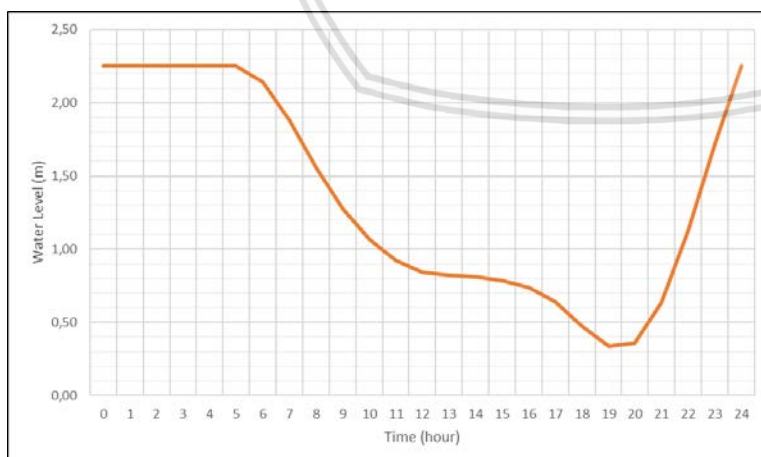
Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 4.24

Spesifikasi Tandon Desa Karangjati

H min (m)	H eff. (m)	Panjang (m)	Lebar (m)	Area (m ²)	H jagaan (m)	H total (m)	Vol. eff. (m ³)	Vol. total (m ³)
0,15	2,25	4	4	16	0,25	2,5	33,6	36

Sumber : Hasil perhitungan



Gambar 4.26 Muka Air Tandon Desa Karangjati dalam Waktu 24 Jam

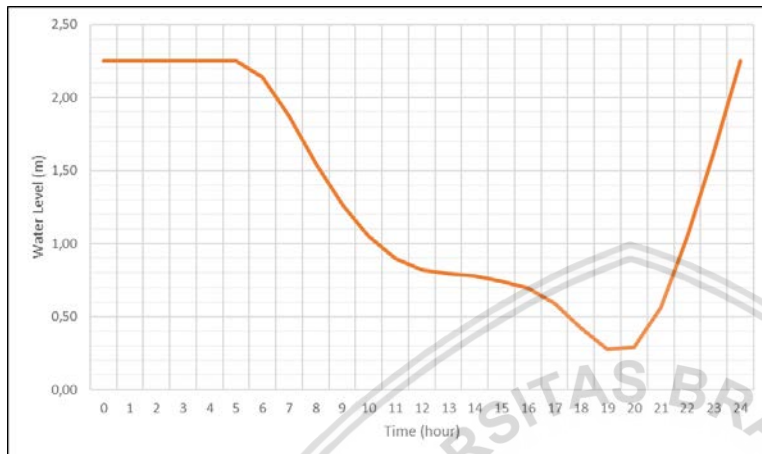
Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 4.25

Spesifikasi Tandon Desa Cukurguling

H min (m)	H eff. (m)	Panjang (m)	Lebar (m)	Area (m ²)	H jagaan (m)	H total (m)	Vol. eff. (m ³)	Vol. total (m ³)
0,15	2,25	5	5	25	0,25	2,5	52,5	56,25

Sumber : Hasil perhitungan



Gambar 4.27 Muka Air Tandon Desa Cukurguling dalam Waktu 24 Jam

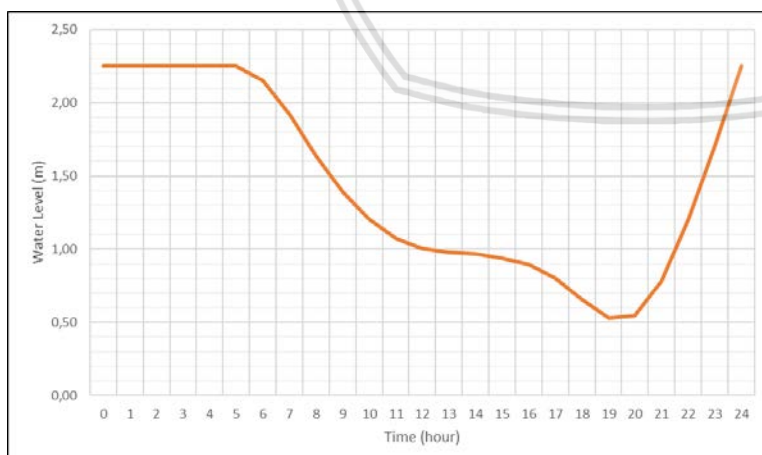
Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 4.26

Spesifikasi Tandon Desa Bulukandang

H min (m)	H eff. (m)	Panjang (m)	Lebar (m)	Area (m ²)	H jagaan (m)	H total (m)	Vol. eff. (m ³)	Vol. total (m ³)
0,15	2,25	4	4	16	0,25	2,5	33,6	36

Sumber : Hasil perhitungan



Gambar 4.28 Muka Air Tandon Desa Bulukandang dalam Waktu 24 Jam

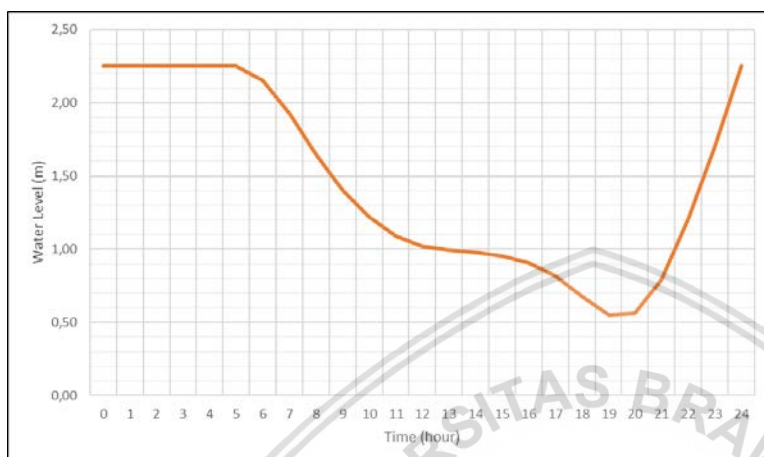
Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 4.27

Spesifikasi Tandon Desa Lumbang

H min (m)	H eff. (m)	Panjang (m)	Lebar (m)	Area (m ²)	H jagaan (m)	H total (m)	Vol. eff. (m ³)	Vol. total (m ³)
0,15	2,25	4	4	16	0,25	2,5	33,6	36

Sumber : Hasil perhitungan



Gambar 4.29 Muka Air Tandon Desa Lumbang dalam Waktu 24 Jam

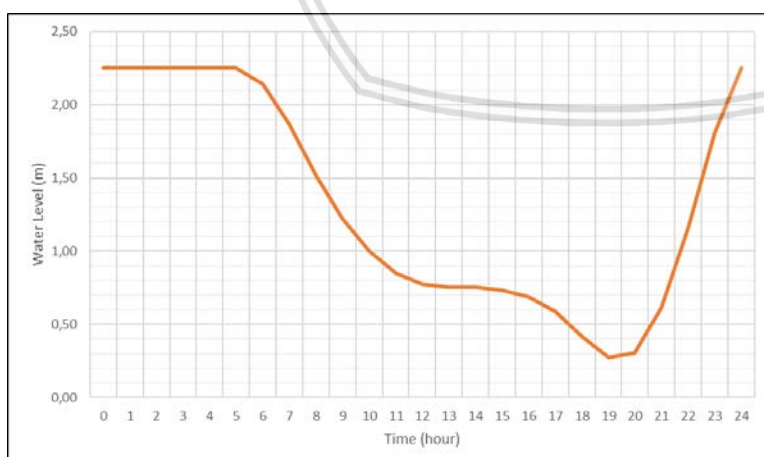
Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 4.28

Spesifikasi Tandon Desa Pancur

H min (m)	H eff. (m)	Panjang (m)	Lebar (m)	Area (m ²)	H jagaan (m)	H total (m)	Vol. eff. (m ³)	Vol. total (m ³)
0,15	2,25	4	4	16	0,25	2,5	33,6	36

Sumber : Hasil perhitungan



Gambar 4.30 Muka Air Tandon Desa Pancur dalam Waktu 24 Jam

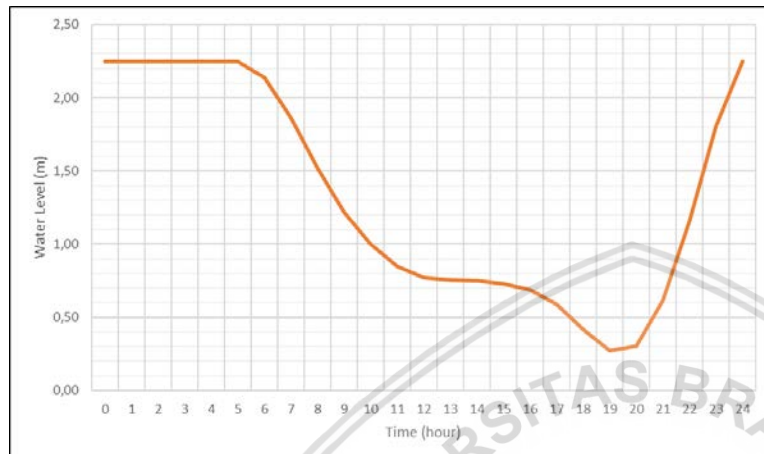
Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 4.29

Spesifikasi Tandon Desa Kronto

H min (m)	H eff. (m)	Panjang (m)	Lebar (m)	Area (m ²)	H jagaan (m)	H total (m)	Vol. eff. (m ³)	Vol. total (m ³)
0,15	2,25	4	4	16	0,25	2,5	33,6	36

Sumber : Hasil perhitungan



Gambar 4.31 Muka Air Tandon Desa Kronto dalam Waktu 24 Jam

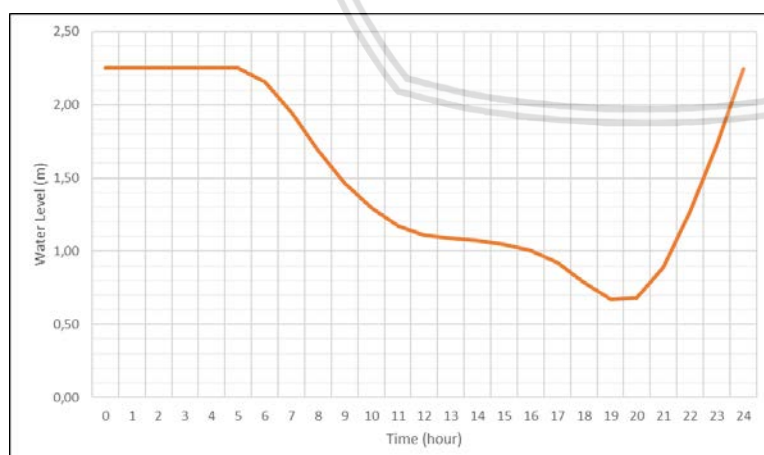
Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 4.30

Spesifikasi Tandon Desa Karangasem

H min (m)	H eff. (m)	Panjang (m)	Lebar (m)	Area (m ²)	H jagaan (m)	H total (m)	Vol. eff. (m ³)	Vol. total (m ³)
0,15	2,25	3	3	9	0,25	2,5	18,9	20,25

Sumber : Hasil perhitungan



Gambar 4.32 Muka Air Tandon Desa Karangasem dalam Waktu 24 Jam

Sumber : Hasil perhitungan

4.6. Rencana Anggaran Biaya

Dalam studi ini membahas tentang rencana anggaran biaya untuk pembangunan jaringan air bersih di Kecamatan Lumbang. Harga bahan dan harga satuan pekerjaan mengacu pada daftar harga bahan dan upah kerja Dinas Cipta Karya Pemerintah Kabupaten Pasuruan Tahun Anggaran 2016.

4.6.1. Pekerjaan Pipa

Biaya dari pekerjaan pipa dapat dilihat pada tabel - tabel berikut :

Tabel 4.31

Pengadaan Pipa dan Aksesorisnya

No.	Uraian	Volume	Satuan	Harga Satuan (6 m)	Harga Total
1	Pipa Galvanized Iron 10" 5.463 m	911	buah	Rp 3.431.670,00	Rp 3.124.535.535,00
2	Pipa Galvanized Iron 8" 11.154 m	1.859	buah	Rp 2.421.350,00	Rp 4.501.289.650,00
3	Pipa Galvanized Iron 6" 5.925 m	988	buah	Rp 1.611.820,00	Rp 1.591.672.250,00
4	Pipa Galvanized Iron 5" 2.384 m	397	buah	Rp 1.241.890,00	Rp 493.444.293,33
5	Pipa Galvanized Iron 4" 3.095 m	516	buah	Rp 911.990,00	Rp 470.434.841,67
6	Pipa Galvanized Iron 3" 1.346 m	224	buah	Rp 642.530,00	Rp 144.140.896,67
7	Welding Neck 10"	911	buah	Rp 1.716.700,00	Rp 1.563.055.350,00
8	Welding Neck 8"	1.859	buah	Rp 1.199.300,00	Rp 2.229.498.700,00
9	Welding Neck 6"	988	buah	Rp 741.600,00	Rp 732.330.000,00
10	Welding Neck 5"	397	buah	Rp 697.700,00	Rp 277.219.466,67
11	Welding Neck 4"	516	buah	Rp 472.100,00	Rp 243.524.916,67
12	Welding Neck 3"	223	buah	Rp 334.100,00	Rp 74.615.666,67
13	Tee untuk pipa 10"	3	buah	Rp 1.558.900,00	Rp 4.676.700,00
14	Tee untuk pipa 8"	6	buah	Rp 753.800,00	Rp 4.522.800,00
15	Tee untuk pipa 5"	1	buah	Rp 446.300,00	Rp 446.300,00
	Jumlah				Rp 15.455.407.366,67

Keterangan :

- Jumlah Pipa = total panjang pipa / 6
- Welding Neck dipasang di setiap sambungan pipa (setiap 6 m pipa)
- Tee dipasang di setiap percabangan pipa

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.32

Volume Pekerjaan Pipa

No.	Uraian	Volume	Satuan
1.	Galian Tanah Pipa 29.367 m x 0,5 m x 0,3 m Anchor Block 0,2 m x 0,5 m x 0,5 m Total Volume	4.405,05 0,05 4.405,10	m ³ m ³ m ³
2.	Pemasangan Pipa Pipa Galvanized Iron 10" 5.463 m Pipa Galvanized Iron 8" 11.154 m Pipa Galvanized Iron 6" 5.925 m Pipa Galvanized Iron 5" 2.384 m Pipa Galvanized Iron 4" 3.095 m Pipa Galvanized Iron 3" 1.346 m Total Volume	910,5 1859 987,5 397,3333 515,8333 224,3333 4895	buah buah buah buah buah buah buah
3.	Pembuatan Anchor Block Dimensi (0,5 m x 0,5 m x 0,5 m) x 4895 buah	611,88	m ³
4.	Timbunan Tanah atau Urugan Tanah Kembali Volume Galian - Volume Anchor Block	3.793,23	m ³

Keterangan :

- Jumlah Anchor Block = Jumlah Sambungan Pipa (setiap 6 m pipa)
- Timbunan Tanah atau Urugan Tanah Kembali = Volume Galian - Volume Anchor Block

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.33

Harga Satuan Pekerjaan Pemasangan Pipa

No.	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan	Jumlah
A. 1 m³ Galian Tanah Biasa sedalam ≤ 1 m (manual)					
1.	Pekerja	org/hari	0,563	Rp 55.000,00	Rp 30.965,00
2.	Mandor	org/hari	0,0563	Rp 75.000,00	Rp 4.222,50
	Harga Satuan Pekerjaan				Rp 35.187,50
B. Pemasangan Pipa					
1.	Pekerja	org/hari	0,418	Rp 55.000,00	Rp 22.990,00
2.	Tukang Pipa	org/hari	0,347	Rp 70.000,00	Rp 24.290,00
3.	Mandor	org/hari	0,042	Rp 75.000,00	Rp 3.150,00
	Harga Satuan Pekerjaan				Rp 50.430,00
C. Pembuatan Anchor Block 1 m³ beton mutu, f_c = 19,3 MPa (K 225)					
	Tenaga Kerja				
1.	Pekerja	org/hari	1,65	Rp 55.000,00	Rp 90.750,00
2.	Tukang batu	org/hari	0,275	Rp 70.000,00	Rp 19.250,00
3.	Kepala tukang	org/hari	0,028	Rp 72.500,00	Rp 2.030,00
4.	Mandor	org/hari	0,165	Rp 75.000,00	Rp 12.375,00
	Bahan				
1	Portland Cement	kg	371	Rp 1.400,00	Rp 519.400,00
2	Pasir Cor	kg	698	Rp 256,00	Rp 178.688,00
3	Batu Pecah Mesin 2/3	kg	1047	Rp 114,58	Rp 119.965,26
4	Air	L	215	Rp 15,00	Rp 3.225,00
	Harga Satuan Pekerjaan				Rp 945.683,26
D. Timbunan Tanah atau Urugan Tanah Kembali 1 m³					
1	Pekerja	org/hari	0,33	Rp 55.000,00	Rp 18.150,00
2	Mandor	org/hari	0,033	Rp 75.000,00	Rp 2.475,00
	Harga Satuan Pekerjaan				Rp 20.625,00

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.34

Anggaran Biaya Pemasangan Pipa dan Aksesorisnya

No.	Uraian	Volume	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
1.	Galian Tanah	4.405,10	m ³	Rp 35.187,50	Rp 155.004.456,25
2.	Pemasangan Pipa	4895	buah	Rp 50.430,00	Rp 246.829.635,00
3.	Pembuatan Anchor Block	611,88	m ³	Rp 945.683,26	Rp 578.639.944,71
4.	Timbunan Tanah atau Urugan Tanah Kembali	3.793,23	m ³	Rp 20.625,00	Rp 78.235.265,63
	Total				Rp 1.058.709.301,59

Sumber : Hasil Perhitungan

4.6.2. Pekerjaan Tandon

Contoh perhitungan volume pekerjaan tandon, harga satuan pekerjaan tandon dan anggaran biaya pembuatan tandon untuk Desa Panditan seperti pada Tabel 4.35 berikut :

Tabel 4.35
Volume Pekerjaan Tandon Panditan

No.	Pekerjaan	Luasan & Volume	Satuan
A.	Pembersihan Lapangan 4,5 x 4,5	20,25	m ²
B.	Pemasangan Bouwplank 7,5 x 4	30,00	m
C.	Galian Tanah - Pondasi 4,25 x 1 x 1,65 x 4 - Lantai Tandon 4 x 4 x 0,25 - Jumlah	28,05 4,00 32,05	m ³ m ³ m ³
D.	Urugan Pasir untuk Pondasi 4,25 x 1 x 0,1 x 4	1,70	m ³
E.	Aastampang 4,25 x 1 x 0,2 x 4	3,40	m ³
F.	Pasangan Batu Pondasi 4,25 x 0,55 x 0,8 x 4	7,48	m ³
G.	Bekisting Sloof - Luar 4,5 x 0,3 x 4 - Dalam 4 x 0,3 x 4 - Jumlah	5,40 4,80 10,20	m ² m ² m ²
H.	Pengecoran Sloof 4,25 x 0,3 x 0,25 x 4	1,28	m ³
I.	Bekisting Kolom 2,75 x 0,25 x 16	11,00	m ²
J.	Pengecoran Kolom 2,75 x 0,25 x 0,25 x 4	0,69	m ³
K.	Bekisting Plat Lantai 4 x 0,25 x 4	4,00	m ²
L.	Pengecoran Plat Lantai 4 x 4 x 0,25	4,00	m ³
M.	Urugan Tanah Pondasi Volume Galian - Urugan Pasir - Aastampang - Pondasi - Sloof - Plat Lantai 32,05 - 1,70 - 3,40 - 7,48 - 1,28 - 4,00	14,20	m ³

Lanjutan Tabel 4.35
Volume Pekerjaan Tandon Panditan

N.	Bekisting Dinding 4 x 2,75 x 8	88,00	m ²
O.	Pengecoran Dinding 4 x 2,75 x 0,25 x 4	11,00	m ³
P.	Bekisting Ring Balok - Luar 4,5 x 0,25 x 4 - Dalam 4 x 0,25 x 4 - Jumlah	4,50 4,00 8,50	m ² m ² m ²
Q.	Pengecoran Ring Balok 4,25 x 0,25 x 0,25 x 4	1,06	m ³
R.	Bekisting Plat Atas - Bawah 4 x 4 - Manhole 0,6 x 0,25 x 4 x 2 - Jumlah	16,00 1,20 17,20	m ² m ² m ²
S.	Pengecoran Plat Atas Plat Atas - Manhole - Plat Atas 4 x 4 x 0,25 = 4 - Manhole 0,6 x 0,6 x 0,25 = 0,09 Maka Volume Plat Atas 4,00 - 0,09	3,91	m ³ m ³ m ³
T.	Manhole 60 x 60 cm lengkap dengan Gembok 2	2	buah

Keterangan :

- Pembersihan Lapangan Seluas Panjang x Lebar + Dinding Tandon (kiri+kanan)
- Panjang Bouwplank = (Lebar Dinding Tandon + 3 m) x 4
- Volume Galian Tanah = Galian untuk Pondasi ditambah Galian untuk Lantai Tandon
- Panjang Pondasi = Garis Tengah Dinding Tandon
- Tebal Lantai, Dinding & Plat Atas Tandon 25 cm
- Tebal Urugan Pasir 10 cm
- Tebal Aastampang 20 cm
- Tinggi Pondasi 0,8 m
- Sloof 25/30

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.36

Harga Satuan Pekerjaan Tandon Panditan

No.	Uraian	Satuan	Koefisien	Harga Satuan	Jumlah
A. 1 m² Pembersihan dan Stripping/Kosrekan					
1.	Pekerja	org/hari	0,06	Rp 55.000,00	Rp 3.300,00
2.	Mandor	org/hari	0,006	Rp 75.000,00	Rp 450,00
	Harga Satuan Pekerjaan				Rp 3.750,00
B. Pasang 1 m² Bouwplank					
Tenaga Kerja					
1.	Pekerja	org/hari	0,1	Rp 55.000,00	Rp 5.500,00
2.	Tukang Kayu	org/hari	0,01	Rp 70.000,00	Rp 700,00
3.	Kepala Tukang	org/hari	0,01	Rp 72.500,00	Rp 725,00
4.	Mandor	org/hari	0,01	Rp 75.000,00	Rp 750,00
Bahan					
1.	Kaso 5/7 cm (Borneo)	m ³	0,013	Rp 1.600.000,00	Rp 20.800,00
2.	Papan 3/20 (Meranti)	m ³	0,007	Rp 3.000.000,00	Rp 21.000,00
3.	Paku Balok/Papan	kg	0,02	Rp 17.200,00	Rp 344,00
Perlitan					
1.	Waterpass	hari	0,004	Rp 50.000,00	Rp 200,00
	Harga Satuan Pekerjaan				Rp 50.019,00
C. 1 m³ Galian Tanah Biasa sedalam > 1 m s.d 2 m (manual)					
1.	Pekerja	org/hari	0,675	Rp 55.000,00	Rp 37.125,00
2.	Mandor	org/hari	0,0675	Rp 75.000,00	Rp 5.062,50
	Harga Satuan Pekerjaan				Rp 42.187,50
D. 1 m³ Timbunan Pasir sebagai Bahan Pengisi					
Tenaga Kerja					
1.	Pekerja	org/hari	0,4	Rp 55.000,00	Rp 22.000,00
2.	Mandor	org/hari	0,04	Rp 75.000,00	Rp 3.000,00
Bahan					
1.	Pasir Pasang	m ³	1,2	Rp 141.700,00	Rp 170.040,00
	Harga Satuan Pekerjaan				Rp 195.040,00
E. Pasang Batu Aastampang (1 m³)					
Tenaga Kerja					
1.	Pekerja	org/hari	2,7	Rp 55.000,00	Rp 148.500,00
2.	Tukang Batu	org/hari	0,9	Rp 70.000,00	Rp 63.000,00
3.	Mandor	org/hari	0,27	Rp 75.000,00	Rp 20.250,00
Bahan					
1.	Batu Belah	m ³	1,2	Rp 170.000,00	Rp 204.000,00
	Harga Satuan Pekerjaan				Rp 435.750,00
F. Pasangan Batu dengan Mortar Jenis PC - PP (1 m³)					
Tenaga Kerja					
1.	Pekerja	org/hari	2,7	Rp 55.000,00	Rp 148.500,00
2.	Tukang Batu	org/hari	0,9	Rp 70.000,00	Rp 63.000,00
3.	Mandor	org/hari	0,27	Rp 75.000,00	Rp 20.250,00
Bahan					
1.	Batu Belah 15/20	m ³	1,2	Rp 170.000,00	Rp 204.000,00
2.	Pasir Pasang	m ³	0,44	Rp 141.700,00	Rp 62.348,00
3.	Portland Cement	kg	252	Rp 1.400,00	Rp 352.800,00
	Harga Satuan Pekerjaan				Rp 850.898,00

Harga Satuan Pekerjaan Tandon Panditan

K. 1 m² Bekisting Lantai Beton dengan Multiflex 12 mm atau 18 mm						
Tenaga Kerja						
1.	Pekerja	org/hari	0,2	Rp	55.000,00	Rp 11.000,00
2.	Tukang kayu	org/hari	0,1	Rp	70.000,00	Rp 7.000,00
3.	Kepala tukang	org/hari	0,01	Rp	72.500,00	Rp 725,00
4.	Mandor	org/hari	0,02	Rp	75.000,00	Rp 1.500,00
Bahan						
1.	Multiflex 12 mm atau 18 mm	lembar	0,128	Rp	190.000,00	Rp 24.320,00
2.	Kaso 5/7 cm (Borneo)	m ³	0,005	Rp	1.600.000,00	Rp 8.000,00
3.	Paku Balok/Papan	kg	0,22	Rp	17.200,00	Rp 3.784,00
4.	Minyak Bekisting	liter	0,2	Rp	15.000,00	Rp 3.000,00
Harga Satuan Pekerjaan						Rp 59.329,00
L. 1 m³ Beton Kedap Air dengan Storox -100 untuk Lantai Kerja						
Tenaga Kerja						
1.	Pekerja	org/hari	2,1	Rp	55.000,00	Rp 115.500,00
2.	Tukang batu	org/hari	0,35	Rp	70.000,00	Rp 24.500,00
3.	Kepala tukang batu	org/hari	0,035	Rp	72.500,00	Rp 2.537,50
4.	Mandor	org/hari	0,105	Rp	75.000,00	Rp 7.875,00
Bahan						
1.	Portland Cement	kg	400	Rp	1.400,00	Rp 560.000,00
2.	Pasir Cor	m ³	0,48	Rp	358.400,00	Rp 172.032,00
3.	Batu Pecah Mesin 2/3	m ³	0,8	Rp	206.250,00	Rp 165.000,00
4.	Storox - 100	kg	1,2	Rp	48.000,00	Rp 57.600,00
5.	Air	liter	210	Rp	15,00	Rp 3.150,00
Harga Satuan Pekerjaan						Rp 1.108.194,50
M. Timbunan Tanah atau Urugan Tanah Kembali 1 m³						
1	Pekerja	org/hari	0,33	Rp	55.000,00	Rp 18.150,00
2	Mandor	org/hari	0,033	Rp	75.000,00	Rp 2.475,00
Harga Satuan Pekerjaan						Rp 20.625,00
N. 1 m² Bekisting Dinding Beton dengan Multiflex 12 mm atau 18 mm						
Tenaga Kerja						
1.	Pekerja	org/hari	0,24	Rp	55.000,00	Rp 13.200,00
2.	Tukang kayu	org/hari	0,12	Rp	70.000,00	Rp 8.400,00
3.	Kepala tukang	org/hari	0,012	Rp	72.500,00	Rp 870,00
4.	Mandor	org/hari	0,024	Rp	75.000,00	Rp 1.800,00
Bahan						
1.	Multiflex 12 mm atau 18 mm	lembar	0,128	Rp	190.000,00	Rp 24.320,00
2.	Kaso 5/7 cm (Borneo)	m ³	0,005	Rp	1.600.000,00	Rp 8.000,00
3.	Paku Balok/Papan	kg	0,24	Rp	17.200,00	Rp 4.128,00
4.	Minyak Bekisting	liter	0,2	Rp	15.000,00	Rp 3.000,00
Harga Satuan Pekerjaan						Rp 63.718,00
O. 1 m³ Beton Kedap Air dengan Storox -100 untuk Dinding						
Tenaga Kerja						
1.	Pekerja	org/hari	2,1	Rp	55.000,00	Rp 115.500,00
2.	Tukang batu	org/hari	0,35	Rp	70.000,00	Rp 24.500,00
3.	Kepala tukang batu	org/hari	0,035	Rp	72.500,00	Rp 2.537,50
4.	Mandor	org/hari	0,105	Rp	75.000,00	Rp 7.875,00
Bahan						
1.	Portland Cement	kg	400	Rp	1.400,00	Rp 560.000,00
2.	Pasir Cor	m ³	0,48	Rp	358.400,00	Rp 172.032,00
3.	Batu Pecah Mesin 2/3	m ³	0,8	Rp	206.250,00	Rp 165.000,00
4.	Storox - 100	kg	1,2	Rp	48.000,00	Rp 57.600,00
5.	Air	liter	210	Rp	15,00	Rp 3.150,00
Harga Satuan Pekerjaan						Rp 1.108.194,50

Lanjutan Tabel 4.36

Harga Satuan Pekerjaan Tandon Panditan

P. 1 m ² Bekisting Ring Balok Beton dengan Multiflex 12 mm atau 18 mm						
	Tenaga Kerja					
1.	Pekerja	org/hari	0,24	Rp	55.000,00	Rp 13.200,00
2.	Tukang kayu	org/hari	0,12	Rp	70.000,00	Rp 8.400,00
3.	Kepala tukang	org/hari	0,012	Rp	72.500,00	Rp 870,00
4.	Mandor	org/hari	0,024	Rp	75.000,00	Rp 1.800,00
	Bahan					
1.	Multiflex 12 mm atau 18 mm	lembar	0,128	Rp	190.000,00	Rp 24.320,00
2.	Kaso 5/7 cm (Borneo)	m ³	0,011	Rp	1.600.000,00	Rp 17.600,00
3.	Paku Balok/Papan	kg	0,25	Rp	17.200,00	Rp 4.300,00
4.	Minyak Bekisting	liter	0,2	Rp	15.000,00	Rp 3.000,00
	Harga Satuan Pekerjaan					Rp 73.490,00
Q. Membuat 1 m ³ Ring Balok Beton Bertulang						
	Tenaga Kerja					
1.	Tukang Batu	org/hari	0,033	Rp	70.000,00	Rp 2.310,00
2.	Tukang Besi	org/hari	0,033	Rp	70.000,00	Rp 2.310,00
3.	Kepala Tukang	org/hari	0,01	Rp	72.500,00	Rp 725,00
4.	Mandor	org/hari	0,015	Rp	75.000,00	Rp 1.125,00
	Bahan					
1.	Besi Beton Polos	kg	3,6	Rp	7.400,00	Rp 26.640,00
2.	Kawat Beton	kg	0,05	Rp	9.600,00	Rp 480,00
3.	Portland Cement	kg	5,5	Rp	1.400,00	Rp 7.700,00
4.	Pasir Cor	m ³	0,009	Rp	358.400,00	Rp 3.225,60
5.	Batu Pecah Mesin 2/3	m ³	0,015	Rp	206.250,00	Rp 3.093,75
	Harga Satuan Pekerjaan					Rp 47.609,35
R. 1 m ² Bekisting Beton Plat Atas dengan Multiflex 12 mm atau 18 mm						
	Tenaga Kerja					
1.	Pekerja	org/hari	0,2	Rp	55.000,00	Rp 11.000,00
2.	Tukang kayu	org/hari	0,1	Rp	70.000,00	Rp 7.000,00
3.	Kepala tukang	org/hari	0,01	Rp	72.500,00	Rp 725,00
4.	Mandor	org/hari	0,02	Rp	75.000,00	Rp 1.500,00
	Bahan					
1.	Multiflex 12 mm atau 18 mm	lembar	0,128	Rp	190.000,00	Rp 24.320,00
2.	Kaso 5/7 cm (Borneo)	m ³	0,005	Rp	1.600.000,00	Rp 8.000,00
3.	Paku Balok/Papan	kg	0,22	Rp	17.200,00	Rp 3.784,00
4.	Minyak Bekisting	liter	0,2	Rp	15.000,00	Rp 3.000,00
	Harga Satuan Pekerjaan					Rp 59.329,00
S. 1 m ³ Plat Beton Bertulang (150 kg besi) untuk Plat Atas Tandon						
	Tenaga Kerja					
1.	Pekerja	org/hari	5,3	Rp	55.000,00	Rp 291.500,00
2.	Tukang batu	org/hari	0,275	Rp	70.000,00	Rp 19.250,00
3.	Tukang Besi	org/hari	1,05	Rp	70.000,00	
4.	Kepala tukang	org/hari	0,265	Rp	72.500,00	Rp 19.212,50
5.	Mandor	org/hari	0,365	Rp	75.000,00	Rp 27.375,00
	Bahan					
1.	Besi Beton polos	kg	157,5	Rp	7.400,00	Rp 1.165.500,00
2.	Kawat Beton	kg	2,25	Rp	9.600,00	Rp 21.600,00
3.	Portland Cement	kg	336	Rp	1.400,00	Rp 470.400,00
4.	Pasir Cor	m ³	0,54	Rp	358.400,00	Rp 193.536,00
5.	Batu Pecah Mesin 2/3	m ³	0,81	Rp	206.250,00	Rp 167.062,50
	Harga Satuan Pekerjaan					Rp 2.375.436,00

Lanjutan Tabel 4.36

Harga Satuan Pekerjaan Tandon Panditan

T. Pemasangan 1 buah Manhole Cover Cast Iron					
Tenaga Kerja					
1.	Pekerja	org/hari	0,297	Rp 55.000,00	Rp 16.335,00
2.	Tukang Besi	org/hari	0,033	Rp 70.000,00	Rp 2.310,00
3.	Mandor	org/hari	0,015	Rp 75.000,00	Rp 1.125,00
Bahan					
1.	Manhole Cover Cast Iron 60 cm x 60 cm	buah	1	Rp 360.800,00	Rp 360.800,00
Harga Satuan Pekerjaan					Rp 380.570,00

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.37

Anggaran Biaya Pembuatan Tandon Panditan

No.	Uraian	Volume	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
A.	Pembersihan Lapangan	20,25	m ²	Rp 3.750,00	Rp 75.937,50
B.	Pemasangan Bouwplank	30,00	m	Rp 50.019,00	Rp 1.500.570,00
C.	Galian Tanah	32,05	m ³	Rp 42.187,50	Rp 1.352.109,38
D.	Urugan Pasir untuk Pondasi	1,70	m ³	Rp 195.040,00	Rp 331.568,00
E.	Aastampang	3,40	m ³	Rp 435.750,00	Rp 1.481.550,00
F.	Pasangan Batu Pondasi	7,48	m ³	Rp 850.898,00	Rp 6.364.717,04
G.	Bekisting Sloof	10,20	m ²	Rp 66.245,00	Rp 675.699,00
H.	Pengecoran Sloof	1,28	m ³	Rp 2.886.441,00	Rp 3.680.212,28
I.	Bekisting Kolom	11,00	m ²	Rp 63.467,50	Rp 698.142,50
J.	Pengecoran Kolom	0,69	m ³	Rp 3.814.891,00	Rp 2.622.737,56
K.	Bekisting Plat Lantai	4,00	m ²	Rp 59.329,00	Rp 237.316,00
L.	Pengecoran Plat Lantai	4,00	m ³	Rp 1.108.194,50	Rp 4.432.778,00
M.	Urugan Tanah Pondasi	14,20	m ³	Rp 20.625,00	Rp 292.771,88
N.	Bekisting Dinding	88,00	m ²	Rp 63.718,00	Rp 5.607.184,00
O.	Pengecoran Dinding	11,00	m ³	Rp 1.108.194,50	Rp 12.190.139,50
P.	Bekisting Ring Balok	9	m ²	Rp 73.490,00	Rp 624.665,00
Q.	Pengecoran Ring Balok	1,06	m ³	Rp 47.609,35	Rp 50.584,93
R.	Bekisting Plat Atas	17,20	m ²	Rp 59.329,00	Rp 1.020.458,80
S.	Pengecoran Plat Atas	3,91	m ³	Rp 2.375.436,00	Rp 9.287.954,76
T.	Manhole 60 x 60 cm lengkap dengan Gembok	2	buah	Rp 380.570,00	Rp 761.140,00
Total					Rp 53.288.236,12

Sumber : Hasil Perhitungan

Untuk perhitungan Volume Pekerjaan Tandon, Harga Satuan Pekerjaan Tandon dan Anggaran Biaya Pembuatan Tandon untuk Tandon Utama dan Tandon Desa lainnya dapat dilihat pada lampiran.

4.6.3. Rekapitulasi Anggaran Biaya

Jumlah biaya yang diperlukan untuk membangun jaringan air bersih di Kecamatan Lumbang seperti di tabel berikut :

Tabel 4.38

Rekapitulasi Anggaran Biaya Pembuatan Jaringan Air Bersih

No.	Urutan Kegiatan	Harga
1.	Pengadaan Pipa dan Aksesorisnya	Rp 15.455.407.366,67
2.	Anggaran Biaya Pemasangan Pipa dan Aksesorisnya	Rp 1.058.709.301,59
3.	Anggaran Biaya Pembuatan Tandon Utama	Rp 179.175.522,46
4.	Anggaran Biaya Pembuatan Tandon Panditan	Rp 53.288.236,12
5.	Anggaran Biaya Pembuatan Tandon Banjarimbo	Rp 31.827.319,51
6.	Anggaran Biaya Pembuatan Tandon Welulang	Rp 31.827.319,51
7.	Anggaran Biaya Pembuatan Tandon Watulumbung	Rp 53.288.236,12
8.	Anggaran Biaya Pembuatan Tandon Karangjati	Rp 53.288.236,12
9.	Anggaran Biaya Pembuatan Tandon Cukurguling	Rp 69.956.847,61
10.	Anggaran Biaya Pembuatan Tandon Bulukandang	Rp 53.288.236,12
11.	Anggaran Biaya Pembuatan Tandon Lumbang	Rp 53.288.236,12
12.	Anggaran Biaya Pembuatan Tandon Pancur	Rp 53.288.236,12
13.	Anggaran Biaya Pembuatan Tandon Kronto	Rp 53.288.236,12
14.	Anggaran Biaya Pembuatan Tandon Karangasem	Rp 38.508.691,63
	Jumlah	Rp 17.238.430.021,83
	PPN (10%)	Rp 1.723.843.002,18
	Jumlah + PPN	Rp 18.962.273.024,01

Dibulatkan menjadi Rp 18.962.274.000,00

Terbilang Delapan Belas Milyar Sembilan Ratus Enam Puluh Dua Juta Dua Ratus Tujuh Puluh Empat Ribu rupiah

Sumber : Hasil Perhitungan

4.7. Analisa Ekonomi

Perhitungan analisa ekonomi yang telah dilakukan sebagai berikut :

4.7.1. Analisa Biaya (*Cost*)

Analisa biaya dibagi menjadi dua, yaitu biaya modal (*Capital Cost*) dan biaya tahunan (*Annual Cost*). Pada analisa ini menggunakan biaya konstruksi, biaya operasional, dan biaya pemeliharaan.

4.7.1.1. Biaya Modal (*Capital Cost*)

Biaya modal (*Capital Cost*) dibedakan menjadi dua macam yaitu :

4.7.1.1.1. Biaya Langsung (*Direct Cost*)

Biaya langsung merupakan biaya yang berkaitan langsung dengan volume pekerjaan yang menjadi komponen permanen hasil proyek. Biaya Langsung dari perencanaan ini dapat dilihat pada Tabel 4.39.

Tabel 4.39

Biaya Langsung Jaringan Air Bersih Kecamatan Lumbang

No.	Urutan Kegiatan	Harga
1.	Pengadaan Pipa dan Aksesorisnya	Rp 15.455.407.366,67
2.	Anggaran Biaya Pemasangan Pipa dan Aksesorisnya	Rp 1.058.709.301,59
3.	Anggaran Biaya Pembuatan Tandon Utama	Rp 179.175.522,46
4.	Anggaran Biaya Pembuatan Tandon Panditan	Rp 53.288.236,12
5.	Anggaran Biaya Pembuatan Tandon Banjarimbo	Rp 31.827.319,51
6.	Anggaran Biaya Pembuatan Tandon Welulang	Rp 31.827.319,51
7.	Anggaran Biaya Pembuatan Tandon Watulumbang	Rp 53.288.236,12
8.	Anggaran Biaya Pembuatan Tandon Karangjati	Rp 53.288.236,12
9.	Anggaran Biaya Pembuatan Tandon Cukurguling	Rp 69.956.847,61
10.	Anggaran Biaya Pembuatan Tandon Bulukandang	Rp 53.288.236,12
11.	Anggaran Biaya Pembuatan Tandon Lumbang	Rp 53.288.236,12
12.	Anggaran Biaya Pembuatan Tandon Pancur	Rp 53.288.236,12
13.	Anggaran Biaya Pembuatan Tandon Kronto	Rp 53.288.236,12
14.	Anggaran Biaya Pembuatan Tandon Karangasem	Rp 38.508.691,63
	Jumlah	Rp 17.238.430.021,83
	PPN (10%)	Rp 1.723.843.002,18
	Jumlah + PPN	Rp 18.962.273.024,01

Sumber : Hasil Perhitungan

4.7.1.1.2. Biaya Tak Langsung (*Indirect Cost*)

Biaya tak langsung merupakan biaya yang tidak terkait langsung dengan besaran volume komponen fisik hasil akhir proyek, akan tetapi mempunyai kontribusi terhadap penyelesaian kegiatan atau proyek.

Biaya tak langsung dari pekerjaan proyek ini terdiri dari (Kodoatie, 1995,p.72):

- Biaya Administrasi (2,5% dari biaya konstruksi)
- Biaya Engineering (5% dari biaya konstruksi)
- Biaya tak Terduga (5% dari biaya konstruksi)

Perhitungan biaya modal untuk perencanaan sebagai berikut :

- a. Biaya Langsung : Rp 18.962.273.024,01
- b. Biaya Administrasi : 2,5% x Rp 18.962.273.024,01
: Rp 474.056.825,60
- c. Biaya Konsultan Pengawas : 5% x Rp 18.962.273.024,01
: Rp 948.113.651,20
- d. Biaya tak Terduga : 5% x Rp 18.962.273.024,01
: Rp 948.113.651,20

Untuk lebih detailnya dapat dilihat pada Tabel 4.40 berikut :

Tabel 4.40

Biaya Tak Langsung Jaringan Air Bersih Kecamatan Lumbang

No.	Urutan Kegiatan	Harga
1.	Biaya Administrasi	Rp 474.056.825,60
2.	Biaya Konsultan Pengawas	Rp 948.113.651,20
3.	Biaya Tak Terduga	Rp 948.113.651,20
	Jumlah	Rp 2.370.284.128,00
	PPN (10%)	Rp 237.028.412,80
	Jumlah + PPN	Rp 2.607.312.540,80

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.41

Biaya Modal Proyek

No.	Urutan Kegiatan	Harga
1.	Biaya Langsung	Rp 18.962.273.024,01
2.	Biaya Tak Langsung	Rp 2.607.312.540,80
	Jumlah	Rp 21.569.585.564,81

Sumber : Hasil Perhitungan

Cara untuk menentukan biaya modal sebagai berikut :

1. Menghitung biaya modal proyek
2. Menentukan biaya modal tahunan dengan cara mengalikan modal awal proyek dengan faktor konversi yang sesuai. Dalam studi perencanaan ini, selesai sampai tahun 2016 bunga yang digunakan sebesar 6,5% (suku bunga BI 21 Juli 2016).

Tabel 4.42

Analisa Biaya Modal Tahunan

Tahun	Biaya	Faktor Konversi		Biaya Per Tahun
2016	Rp 21.569.585.564,81			
2017	Rp 21.569.585.564,81	(F/P ; 6,5% ; 1)	1,065	Rp 2.085.822.063,29
		(A/P ; 6,5% ; 20)	0,0908	

Sumber : Hasil Perhitungan

Contoh perhitungan :

Biaya : Rp 21.569.585.564,81

(F/P ; 6,5% ; 1) : 1,065 (sesuai tabel faktor bunga majemuk suku bunga 6,5%)

(A/P ; 6,5% ; 20) : 0,0908 (sesuai tabel faktor bunga majemuk suku bunga 6,5%)

Biaya per tahun : Rp 21.569.585.564,81 x 1,065 x 0,0908

: Rp 2.085.822.063,29

4.7.1.2. Biaya Tahunan (*Annual Cost*)

Biaya tahunan merupakan biaya yang dikeluarkan pemilik/investor setelah proyek selesai dibangun dan mulai dimanfaatkan. Biaya tahunan dikeluarkan selama usia guna rencana proyek yang dibuat pada waktu perencanaan. Untuk lebih detailnya dapat dilihat pada Tabel 4.43, Tabel 4.44, Tabel 4.45 dan Tabel 4.46.

4.7.2. Analisa Benefit

Manfaat dari sebuah proyek adalah semua pemasukan keuntungan yang diperoleh selama umur proyek tersebut. Manfaat dari suatu proyek terdiri dari manfaat langsung dan manfaat tak langsung. Apabila ditinjau dari dapat tidaknya dinilai dengan uang, maka manfaat proyek dapat dibedakan menjadi manfaat nyata dan manfaat tak nyata (Suyanto, 2001,p.85).

4.7.2.1. Manfaat Langsung (*Direct Benefit*)

Manfaat langsung dari proyek ini dapat diperoleh dari perhitungan total kebutuhan air baku dikalikan dengan harga air ketika $B=C$. Berikut contoh perhitungan manfaat dari hasil penjualan air baku pada tahun 2016 dengan pelayanan penduduk sebesar 100%.

- Total kebutuhan air baku rata-rata : 1.058.204,02 m³/tahun
- Kehilangan air : 158.730,60 m³/tahun
- Total kebutuhan air : total kebutuhan air baku - kehilangan air
: 1.058.204,02 m³/tahun - 158.730,60 m³/tahun
: 899.473,42 m³/tahun
- Parameter yang dipakai B/C : 1 sehingga $B = C$
- Total biaya tahunan : Rp 2.434.272.805,64
- Harga air : total biaya tahunan / total kebutuhan air
: Rp 2.434.272.805,64 / 899.473,42 m³/tahun
: Rp 2.706,33/m³
- Total manfaat harga air minimum : total kebutuhan air x harga air
: 899.473,42 m³/tahun x Rp 2.706,33/m³
: Rp 2.434.272.805,64/tahun

Tabel 4.43
Biaya Operasi

No.	Jenis Pengeluaran / Uraian Kegiatan	Volume	Satuan	Harga Satuan	Jumlah
1.	Honor/Upah Bulanan				
	- Petugas OP	5 orang x 12	60	orang/bulan	Rp 3.575.000,00
				Sub Total	Rp 214.500.000,00
2.	Perjalanan				
	a. Perjalanan ke Lapangan				
	- Kepala UPT	1 orang x 3	3	orang/hari	Rp 200.000,00
	- Staff UPT	1 orang x 3	3	orang/hari	Rp 150.000,00
	b. Perjalanan ke BWS				
	- Operator	1 orang x 12	12	orang/hari	Rp 140.000,00
	- Pekerja	1 orang x 12	12	orang/hari	Rp 55.000,00
				Sub Total	Rp 3.390.000,00
3.	Perlengkapan Kerja				
	- Sepatu	7	stel	Rp 400.000,00	Rp 2.800.000,00
	- Kaos Tangan	7	stel	Rp 170.000,00	Rp 1.190.000,00
	- Helm Proyek	7	stel	Rp 95.000,00	Rp 665.000,00
	- Masker	7	stel	Rp 15.000,00	Rp 105.000,00
	- Jas Hujan	7	stel	Rp 175.000,00	Rp 1.225.000,00
				Sub Total	Rp 5.985.000,00
4.	Lain-lain				
	- Biaya Komunikasi / Telepon	12	bulan	Rp 150.000,00	Rp 1.800.000,00
	- Foto Copy Formulir (Blangko)	12	bulan	Rp 36.000,00	Rp 432.000,00
				Sub Total	Rp 2.232.000,00
	Total Biaya Operasi Tahunan				Rp 226.107.000,00

Sumber : Hasil Perhitungan dan Estimasi

Tabel 4.44
Biaya Pemeliharaan

No.	Jenis Pengeluaran / Uraian Kegiatan	Satuan	Volume	Intensitas Setahun	Jumlah Volume	Harga Satuan	Jumlah
I	Tahapan Perencanaan						
1.1	Inventarisasi Lapangan	event	1	1	1	Rp 1.288.575,00	Rp 1.288.575,00
1.2	Monitoring Lapangan	event	1	1	1	Rp 1.375.975,00	Rp 1.375.975,00
1.3	Evaluasi Lapangan	event	1	1	1	Rp 455.975,00	Rp 455.975,00
						Sub Total	Rp 3.120.525,00
II	Tahapan Pelaksanaan						
2.1	Pengaman dan Pencegahan						
	1. Pemasangan Rambu Plat Baja	unit	1		1	Rp 1.257.352,50	Rp 1.257.352,50
	2. Inspeksi Rutin (2 minggu 1x)	event	1	24	24	Rp 10.752,50	Rp 258.060,00
	3. Penyuluhan / Sosialisasi	event	1	1	1	Rp 2.366.700,00	Rp 2.366.700,00
						Sub Total	Rp 3.882.112,50
2.2	Pemeliharaan Rutin						
	1. Pembabatan Rumput Area						
	- Area Tandon	m ²	272	4	1088	Rp 1.315,31	Rp 1.431.057,28
	2. Pembersihan Sampah						
	- Area Tandon	m ²	272	12	3264	Rp 1.052,25	Rp 3.434.544,00
	3. Pembersihan Tandon	unit	12	4	48	Rp 52.612,50	Rp 2.525.400,00
						Sub Total	Rp 7.391.001,28
2.3	Pemeliharaan Berkala Tahunan						
	1. Bersifat Perawatan						
	- Pengecatan Tandon	m ²	1012,86	1	1012,86	Rp 58.345,25	Rp 59.095.569,92
	- Pengecatan Tutup Manhole	m ²	8,64	1	8,64	Rp 36.325,63	Rp 313.853,44
	2. Bersifat Perbaikan						
	- Perbaikan Bangunan	buah	2	insindentil	2	Rp 5.000.000,00	Rp 10.000.000,00
	3. Bersifat Penggantian						
	- Penggantian Komponen Jaringan	buah	2	insindentil	2	Rp 3.431.670,00	Rp 6.863.340,00
						Sub Total	Rp 76.272.763,36
	Total Biaya Operasi Tahunan						Rp 90.666.402,14

Sumber : Hasil Perhitungan dan Estimasi

Tabel 4.45

Rekapitulasi Biaya Oprasi dan Pemeliharaan

No.	Jenis Pengeluaran	Biaya
1.	Biaya Operasi	Rp 226.107.000,00
2.	Biaya Pemeliharaan	Rp 90.666.402,14
	Jumlah	Rp 316.773.402,14
	PPN (10%)	Rp 31.677.340,21
	Jumlah + PPN	Rp 348.450.742,35

Sumber : Hasil Perhitungan dan Estimasi

Tabel 4.46

Biaya Total Rencana dengan Pelayanan 100%

Tahun	Biaya Modal	Biaya O&P	Total Biaya Tahunan
2016	Rp 2.085.822.063,29	-	Rp 2.085.822.063,29
2017	Rp 2.085.822.063,29	Rp 348.450.742,35	Rp 2.434.272.805,64
2018	Rp 2.085.822.063,29	Rp 348.450.742,35	Rp 2.434.272.805,64
2019	Rp 2.085.822.063,29	Rp 348.450.742,35	Rp 2.434.272.805,64
2020	Rp 2.085.822.063,29	Rp 348.450.742,35	Rp 2.434.272.805,64
2021	Rp 2.085.822.063,29	Rp 348.450.742,35	Rp 2.434.272.805,64
2022	Rp 2.085.822.063,29	Rp 348.450.742,35	Rp 2.434.272.805,64
2023	Rp 2.085.822.063,29	Rp 348.450.742,35	Rp 2.434.272.805,64
2024	Rp 2.085.822.063,29	Rp 348.450.742,35	Rp 2.434.272.805,64
2025	Rp 2.085.822.063,29	Rp 348.450.742,35	Rp 2.434.272.805,64
2026	Rp 2.085.822.063,29	Rp 348.450.742,35	Rp 2.434.272.805,64
2027	Rp 2.085.822.063,29	Rp 348.450.742,35	Rp 2.434.272.805,64
2028	Rp 2.085.822.063,29	Rp 348.450.742,35	Rp 2.434.272.805,64
2029	Rp 2.085.822.063,29	Rp 348.450.742,35	Rp 2.434.272.805,64
2030	Rp 2.085.822.063,29	Rp 348.450.742,35	Rp 2.434.272.805,64
2031	Rp 2.085.822.063,29	Rp 348.450.742,35	Rp 2.434.272.805,64
2032	Rp 2.085.822.063,29	Rp 348.450.742,35	Rp 2.434.272.805,64
2033	Rp 2.085.822.063,29	Rp 348.450.742,35	Rp 2.434.272.805,64
2034	Rp 2.085.822.063,29	Rp 348.450.742,35	Rp 2.434.272.805,64
2035	Rp 2.085.822.063,29	Rp 348.450.742,35	Rp 2.434.272.805,64

Sumber : Hasil Perhitungan

Contoh perhitungan biaya total rencana :

Total biaya tahunan : Rp 2.085.822.063,29 + Rp 348.450.742,35 = Rp 2.434.272.805,64

4.7.2.2. Manfaat Tak Langsung (*Indirect Benefit*)

Manfaat tak langsung merupakan manfaat yang dapat dinikmati secara berangsur-angsur dan dalam jangka waktu yang lama. Manfaat tak langsung dari proyek ini diantaranya adalah dapat memenuhi kebutuhan air bersih penduduk Kecamatan Lumbang.

4.7.2.3. Manfaat Nyata (*Tangible Benefit*)

Manfaat nyata merupakan manfaat atau nilai tambah yang dapat dinilai dengan uang. Manfaat nyata dari proyek ini didapatkan melalui penjualan air baku kepada masyarakat.

4.7.2.4. Manfaat Tak Nyata (*Intangible Benefit*)

Manfaat tak nyata merupakan keuntungan proyek yang tidak dapat selalu dinilai dengan uang, seperti :

- Meningkatkan kualitas hidup
- Rasa puas apabila kebutuhan air bersih terpenuhi

4.7.3. Analisa Harga Air pada Saat $B/C > 1$

Beberapa analisa yang dilakukan sebagai berikut :

4.7.3.1. *Benefit Cost Ratio* (BCR)

Metode *Benefit Cost Ratio* (BCR) pada studi ini menggunakan perbandingan terhadap nilai tahunan pada aspek manfaat yang akan diperoleh dengan nilai tahunan aspek biaya dan kerugian yang akan ditanggung dengan adanya investasi tersebut. Contoh perhitungan *B/C ratio* dengan tingkat suku bunga yang dipakai pada studi ini sebesar 6,5% dengan usia guna proyek 20 tahun sebagai berikut :

- Total biaya konstruksi : Rp 21.569.585.564,81
- Biaya O&P tahunan : Rp 348.450.742,35
- Total kebutuhan air : 899.473,42 m³/tahun
- Harga air : Rp 3.000,00/m³ (penetapan)
- Total manfaat : 899.473,42 m³/tahun x Rp 3.000,00/m³
: Rp 2.698.420.255,44 / tahun

Contoh perhitungan BCR sebagai berikut :

1. Komponen biaya (*cost*)

- Total biaya konstruksi : Rp 21.569.585.564,81
- Total biaya tahunan : Rp 2.434.272.805,64

2. Komponen manfaat (*benefit*)

- Total manfaat : Rp 2.698.420.255,44 / tahun
sehingga
- B/C : total manfaat / total biaya tahunan
: Rp 2.698.420.255,44 / Rp 2.434.272.805,64
: 1,11

Karena nilai perbandingan BCR pada proyek ini lebih dari 1 (>1) maka dapat dikatakan bahwa proyek ini layak secara ekonomi.

4.7.3.2. *Net Present Value (NVP)*

Net Present Value merupakan analisa dengan menggunakan selisih benefit dan cost (B-C). Dalam studi ini nilai B-C pada tingkat suku bunga yang berlaku harus mempunyai harga > 0 . Jika nilai B-C = 0 maka proyek tersebut mempunyai manfaat yang senilai dengan biaya investasinya. Apabila B-C < 0 maka proyek tersebut dari segi ekonominya dapat dikatakan tidak layak dibangun.

Perhitungan B-C sesuai dengan proyek rencana untuk tingkat suku bunga 6,5% sebagai berikut :

- *Annual Benefit* (B) : Rp 2.698.420.255,44/tahun
- *Annual Cost* (C) : Rp 2.434.272.805,64/tahun
- B-C : Rp 264.147.449,80/tahun

Pada perhitungan nilai perbandingan B-C pada proyek ini > 0 maka dapat dikatakan bahwa proyek ini layak secara ekonomi, atau lebih tepatnya proyek ini mempunyai nilai manfaat yang melebihi nilai biaya investasi.

4.7.3.3. *Payback Period*

Analisa pengembalian pada dasarnya bertujuan untuk mengetahui seberapa lama (periode) investasi akan dapat dikembalikan saat terjadinya kondisi pulang pokok (Giatman, 2007). Contoh perhitungan analisa pengembalian pada saat B/C > 1 dengan pelayanan 100% sebagai berikut :

Diketahui :

- Biaya konstruksi : Rp 21.569.585.564,81
- Biaya O&P tahunan : Rp 348.450.742,35/tahun
- Total manfaat : Rp 2.698.420.255,44/tahun

Pada proyek ini komponen *cost flow benefit* dan *cost* nya bersifat *annual*, maka rumus yang digunakan adalah : $K(PBP) = \text{Investasi} / \text{Annual Benefit}$. Untuk mengetahui apakah rencana suatu investasi tersebut layak ekonomis atau tidak, diperlukan suatu ukuran/kriteria tertentu. Dalam metode ini rencana investasi dikatakan layak jika $K \leq \text{usia guna bangunan}$.

- K(PBP) : Rp 21.569.585.564,81 / (Rp 2.698.420.255,44 - Rp 348.450.742,35)
: 9,18 tahun (9 tahun 2 bulan 6 hari)

4.7.3.4. Penetapan Harga Air

Penetapan harga air pada studi ini ditinjau dari kondisi analisa sensitivitas pada analisa ekonomi ketika $B=C$ yaitu pada saat biaya konstruksi subsidi pemerintah 100%.

Diketahui :

- Biaya O&P tahunan : Rp 348.450.742,35
- Kebutuhan air : 899.473,42 m³/tahun

Harga air pada saat subsidi pemerintah 100% :

- Harga air : biaya OP / kebutuhan air
: Rp 348.450.742,35 / 899.473,42 m³
: Rp 387,39/m³

Dari hasil perhitungan simulasi analisa ekonomi didapatkan harga air dalam tiga kondisi seperti pada tabel berikut :

Tabel 4.47

Rekapitulasi Analisa Ekonomi

No.	Kondisi	Harga Air/m ³
1	Kondisi normal, $B = C$	Rp 2.706,33
2	$B/C > 1$	Rp 3.000,00
3	Subsidi biaya konstruksi pemerintah 100%	Rp 387,39

Sumber : Hasil Perhitungan

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dalam studi perencanaan ini saya menggunakan sistem jaringan baru dan tidak menggunakan sistem jaringan yang sudah ada (jaringan *eksisting*). Beberapa alasannya sebagai berikut :
 - Dalam perencanaan ini saya menggunakan satu sumber air untuk satu kecamatan sedangkan sistem jaringan yang sudah ada menggunakan sumber air yang berbeda-beda dari setiap desa yang ada
 - Dalam perencanaan ini saya menggunakan satu sistem jaringan pipa yang saling terhubung dari sumber air menuju beberapa desa di Kecamatan Lumbang, sedangkan jaringan yang sudah ada tidak saling terhubung dari desa satu dengan desa yang lainnya
 - Dalam perencanaan ini saya menggunakan pipa dengan diameter besar. Hal ini agar tekanan air dalam pipa mampu mencapai seluruh desa di Kecamatan Lumbang. Untuk mengatasi tekanan besar dalam pipa tersebut saya menggunakan pipa besi galvanis. Sedangkan jaringan pipa yang sudah ada menggunakan pipa jenis PVC dan diameter kecil sehingga tekanan air dalam pipa juga kecil, akibatnya air tidak mampu mencapai seluruh desa.
 - Dalam perencanaan ini saya menggunakan tandon dengan kapasitas tampung air sesuai kebutuhan penduduk, sedangkan sistem jaringan air sebelumnya hanya menggunakan hidran umum dengan kapasitas tampung air yang kecil sehingga tidak mampu mencukupi kebutuhan penduduk.
2. Dari hasil perhitungan kebutuhan air bersih dapat diketahui besarnya debit kebutuhan air rata-rata tahun 2035 sebesar 33,56 liter/detik. Dengan debit sumber minimum sebesar 85 liter/detik maka dapat disimpulkan debit sumber yang tersedia mampu mencukupi kebutuhan air bersih Kecamatan Lumbang hingga tahun 2035.
3. Dari simulasi dengan menggunakan program *WaterGEMS V8i* dapat diketahui bahwa dalam perencanaan sistem jaringan air bersih ini menggunakan pipa jenis besi

galvanis dengan diameter pipa berkisar antara 3 hingga 10 inch, total panjang pipa 29.367 meter, terdiri dari 134 junction, satu sumber air dan 12 tandon air.

4. Kondisi hidrolis dari hasil simulasi menggunakan program *WaterGEMS V8i* (kondisi *hidrolis* pukul 07.00) sebagai berikut :

- *Preassure Head* atau tinggi tekan berkisar antara 3 - 66 bars (2,96 – 65,14 atm)
- *Headloss Gradient* atau kemiringan garis *hidrolis* berkisar antara 0,68 – 7,08 m/km
- *Velocity* atau kecepatan 0,3 - 1,12 m/s

Dari hasil tersebut maka dapat disimpulkan simulasi menggunakan program *WaterGEMS V8i* telah memenuhi kriteria perencanaan jaringan pipa pada sistem distribusi air bersih yaitu tekanan minimum 0,5 atm dan tidak melebihi batas dari tekanan nominal dari jenis pipa yang digunakan, dalam studi ini menggunakan pipa besi galvanis dengan spesifikasi tahan tekan air hingga 99 bar atau 99,705 atm. Kecepatan minimum pada saat jam puncak yaitu pukul 07.00 sebesar 0,3 m/s, namun kecepatan minimum saat jam 00.00 sebesar 0,05 m/s, walaupun kecepatan minimumnya dibawah kecepatan ideal tapi bila terjadi pada saat jam minimum penggunaan air maka hal ini dapat ditoleransi. *Headloss gradient* tidak melebihi 15 m/km.

5. Rencana anggaran biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan jaringan air bersih di Kecamatan Lumbang senilai Rp 18.962.273.024,01 dibulatkan menjadi Rp Rp 18.962.274.000,00 (*Delapan Belas Milyar Sembilan Ratus Enam Puluh Dua Juta Dua Ratus Tujuh Puluh Empat Ribu rupiah*).

6. Hasil analisa ekonomi dalam studi ini adalah sebagai berikut :

- Dengan suku bunga 6,5% (BI 2016) didapatkan :
 - a. Manfaat harga air ($B = C$) adalah Rp 2.434.272.805,64/tahun
 - b. Harga air minimum sebesar Rp 2.706,33/m³
- Dengan analisa harga jual air Rp 3.000,00/m³ didapatkan :
 - c. Manfaat harga air ($B/C = 1,11$) adalah Rp 2.698.420.255,44/tahun
 - d. Keuntungan per tahun ($B-C$) = Rp 264.147.449,80/tahun
 - e. *Payback Period* selama 9,18 tahun (9 tahun 2 bulan 6 hari)
- Dengan analisa subsidi biaya konstruksi Pemerintah 100% didapatkan :
 - f. Harga air sebesar Rp 387,39/m³

5.2. Saran

Untuk mendapatkan hasil yang baik dalam suatu perencanaan sistem jaringan air bersih, maka perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

1. Ketersediaan data yang ada sangat membantu dalam perencanaan sistem jaringan tersebut.
2. Adanya kerjasama antara pihak yang bertanggung jawab serta penduduk sekitar untuk menjaga kelestarian sumber beserta fasilitas yang ada agar tetap terjaga secara kontinuitas maupun kualitas.
3. Iuran/*retribusi* dan biaya pemeliharaan/perbaikan yang diberlakukan oleh pihak pengelola hendaknya disesuaikan dengan kemampuan ekonomi penduduk sekitar.





Halaman Ini Sengaja Dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- Bentley Methods. 2015. *User's Guide WaterGEMS V8i (SELECTseries 6) WATERBUY CT*. USA: Bentley. Press.
- BPS dan BAPPEDA Kabupaten Pasuruan. 2008. *Kecamatan Lumbang Dalam Angka 2016*. Pasuruan: BPS dan BAPPEDA Kabupaten Pasuruan.
- Dake. JMK. 1985. *Hidrolika Teknik*. Terjemahan Oleh Endang P. Tacyhan dan Y. P. Pangaribuan. Jakarta: Erlangga.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2007. *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No: 18/PRT/M/2007 Tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- DPU Ditjen Cipta Karya. 1987. *Buku Utama Sistem Jaringan Pipa. Diktat Kursus Perpipaan Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Cipta Karya Direktorat Air Bersih*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jenderal Cipta Karya, Direktorat Air Bersih.
- Linsley, Ray K, dan Yoseph B. Franzini. 1996. *Teknik Sumber Daya Air*. Jilid I. Jakarta: Erlangga.
- Mays, Lary W. 1999. *Water Distribution System Hand Book*. New York: Mc. Graw Hill.
- Muliakusumah, Sutarsih. 1998. *Proyeksi Penduduk*. Jakarta: Fakultas Ekonomi UI.
- P. De Gruyter. 1979. *Pumping Stations. International Institute for Hydraulics and Environmental Engineering, Delft Netherlands*. Third edition. Netherland.
- Priyantoro, Dwi. 1991. *Hidraulika Saluran Tertutup*. Malang: Jurusan Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Sularso dan Harou Tahara. 2000. *Pompa dan Kompresor*. Jakarta: PT. Pradnya Paramitha.
- Triatmojdo, Bambang. 1996. *Hidraulika II*. Edisi kedua. Yogyakarta: Beta Offset.
- Webber, N. B. 1971. *Fluid Mechanics For Civil Engineering, S. I Edition*. London: Chapman and Hall Ltd.



Halaman Ini Sengaja Dikosongkan